电动机修理手册

单行本

小功率电动机修理

赵家礼 主编



本书共三章，主要内容有：交流分相电动机、交直流两用串励电动机、家用电器单相电动机、单相电动工具电动机等的故障修理以及提高电动机修理质量的各种措施等；小功率三相异步电动机的运行维护、常见故障的检修以及绕组重绕工艺、绕组计算和节能挖潜措施等；各种小功率电动机的试验方法、试验项目和有关计算以及有关试验标准等。

本书适合广大电机修理工人和有关工程技术人员阅读，也可供专科院校有关专业师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

小功率电动机修理/赵家礼主编．—北京：机械工业出版社，2008.3
（电动机修理手册：单行本）
ISBN 978-7-111-23512-5

Ⅰ．小…　Ⅱ．赵…　Ⅲ．电动机－维修－技术手册　Ⅳ．TM320.7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 022138 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）
责任编辑：李振标　责任校对：李秋荣
封面设计：姚　毅　责任印制：杨　曦
北京机工印刷厂印刷（兴文装订厂装订）
2008 年 3 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm・17.25 印张・583 千字
0 001—4 000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-23512-5
定价：37.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
销售服务热线电话：（010）68326294
购书热线电话：（010）88379639　88379641　88379643
编辑热线电话：（010）88379768
封面无防伪标均为盗版

单行本前言

《电动机修理手册》一书自1988年2月出版以来，先后重印再版多次，深受读者欢迎。

为了更好地满足广大读者需求，此次出版采取了单行本的形式以飨读者。将《电动机修理手册》第3版分为5册单行本，读者可按自己需要，有针对性的选用，从而降低购书费用，并方便携带和阅读。5册单行本有：

- 小功率电动机修理
- 三相交流电动机修理
- 直流电动机修理·牵引电动机修理
- 起重及冶金用三相异步电动机修理·防爆防腐电动机修理·潜水电泵与泵用电动机修理
- 特种用途电动机修理

本手册在拆分单行本的过程中，改正了原书中的错误之处和去掉了一些不适当的内容，也得到了许多同志的帮助，在此表示衷心感谢。

编者

电动机修理手册

第 3 版

主编　赵家礼
编写人（以姓氏笔划为序）

才家刚	朱建德	李圣年	沈宝堂
何　青	杨万青	杨海龙	居志尧
范全乐	胡康银	赵家礼	赵　捷
赵　健	商庆元	黄士鹏	彭友元
钱良钗	蔡廷锡	樊世昂	潘品英

第3版前言

本手册自1988年2月出版以来，先后重印多次，深受广大读者欢迎。近年来，由于我国科学技术的突飞猛进地发展，电动机的品种以及派生系列不断涌现，新制造的电动机质量要求也越来越高，这就要求从事电机修理行业的人员要及时了解到这些新产品的特殊结构、性能以及新工艺、新材料、新的质量标准等要求，否则不能胜任当前的维护和修理工作。鉴于此，为了满足各工矿企业、修理行业面临的新任务，以及对于电机修理技术的迫切要求，这次对全书做了全面的认真的修订工作。

这次修订的特点：

1）近年来全国各地的修理单位对于特种电动机的技术问题经常来信来访，说明在维修特种电动机工作中存在许多困难，因此在这次修订时，将特种电动机侧重加以详述。

2）增加了Y2系列电动机的技术数据。如Y2、YZR2等新系列的技术数据。

3）在技术数据中增加了电动机出厂参考价格和铜线重量以及电动机总重量，这些数据对于匡算电动机修理价格、用铜量以及交通运输等均有所帮助。

4）增加了防爆、防腐、起重及冶金、电梯、塔吊电动机的修理内容。

5）补充了电动机修理的新材料、新工艺、新经验和修理实例。

6）删除本“手册”中不适用的章节内容和谬误之处。同时删除了老系列电动机的技术数据。

修订后的“手册”共分十三章。

第一章　单相电动机修理的第一节至第七节由朱建德、潘品英执笔；第五节中五由胡康银、高庆元、钱良钗执笔。

第二章　小功率三相异步电动机修理由朱建德、沈宝堂、范全乐执笔。

第三、四章　三相低压、高压交流电动机修理由赵家礼执笔。

第五章　直流电动机修理由赵捷、何青、赵健执笔。

第六章　直线异步电动机修理由蔡廷锡执笔。

第七章　起重及冶金用三相异步电动机修理由杨海龙、黄士鹏执笔。

第八章　防爆、防腐电动机修理由杨方青执笔。

第九章　潜水电动机修理由李圣年执笔。

第十章　交流力矩电动机修理由胡康银、高庆元、钱良钗执笔。

第十一章　牵引电动机修理由樊世昂、居志尧执笔。

第十二章　其他特种电动机修理由赵家礼执笔。

第十三章　电动机修理试验由彭友元、才家刚执笔。

全书由赵家礼统稿和主编，第一、二章由朱建德主审。

在此次编写工作中，得到很多同行的帮助，提出许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，对书中的错误和缺点恳切希望广大读者提出批评和指正。

编者

主 要 符 号 表

本手册采用国家标准 GB/T13394—1992 规定的符号。

符号	含义
A	面积、电负荷、负载率
A_c	导线截面积
A_{c1}	定子绕组导线截面积
A_{c2}	转子（电枢）绕组导线截面积
A_{cm}	主绕组导线截面积
A_{ca}	副绕组导线截面积
A_{cz}	罩极绕组导线截面积
A_i	槽绝缘所占面积
A_δ	每极气隙有效面积
A_h	槽楔面积
A_s	槽面积
A_B	导条截面积
A_e	槽有效面积
A_{Fe}	铁心截面积
a	并联支路数、电刷长度，电费
AW	直流励磁绕组磁势
A_R	端环截面积
A_t	每极齿截面积
A_j	每极轭截面积
B	磁感应强度、磁通密度（简称磁密）
B_j	轭部磁密
B_t	齿部磁密
B_δ	气隙磁密
b	电刷宽度、无纬带宽度
b_{t1}	定子齿宽度
b_{t2}	转子齿宽度
b_B	导条宽度
b_1	定子槽宽
b_2	转子槽宽
b_r	径向通风道宽度
b_0	槽口宽度
b_k	端环厚度、通风道宽
b_{kr}	换向区宽度
b_p	极靴宽度
b_t	齿宽
C	电容
C_T	转矩常数
C_e	电动势常数
C_i	槽绝缘厚度
C_k	端环宽度
C_j	轭部磁压降校正系数
D_1	定子铁心外径
D_2	转子铁心外径
D_a	电枢表面直径
D_{i1}	定子铁心内径
D_{i2}	转子铁心内径
D_j	外壳直径
d_c	换向器直径
D_R	端环平均直径
d	导线直径
d_1	定子导线直径
d_2	转子导线直径
d'	代换导线直径
d''	实际选用导线直径
d_t	罩极绕组线径
d_m	主绕组线径
d_a	副绕组线径
D	转轴直径
d_{tf}	直流附加绕组线径
E	电动势、电场强度
E_a	电枢电动势
E_δ	气隙合成电动势
F	总安匝数、磁动势
F_j	轭部磁动势（安匝数）
F_t	齿部磁动势（安匝数）
F_δ	气隙磁动势（安匝数）
F_s	波幅系数
F_0	空载励磁磁动势
f	频率
f_N	额定频率
m_{Fe}	铁质量（铁重）
m_{Cu}	铜质量（铜重）
m_j	轭部质量
m_t	齿部质量
H	磁场强度
H_j	轭部磁场强度

H_t 齿部磁场强度
h_0 槽口高度
h_b 电刷高度
h_j 铁轭高度
h_p 极靴高度
h_1 定子槽高
h_2 转子槽高
h 槽楔厚度
h_B 导条高度
I 电流
I_N 额定电流
I_0 空载电流
I_{KW} 功电流
h_{t1} 定子齿高
h_{j1} 定子铁心轭高
h_{j2} 转子（电枢）铁心轭高
I_B 导条电流
I_m 励磁电流、主绕组电流
i_m 励磁电流标么值
I_a 电枢电流、副绕组电流
I_k 堵转电流、短路电流
I_{st} 起动电流
I_R 端环电流
I_1 定子相电流
I_N 额定电流
J 电流密度
K 换向片数、换向系数、负载率、变比系数
K_α 绕组分布系数、分布因数
K_p 绕组短路系数、节距因数
K_β 变换系数
K_{dp} 绕组系数、绕组因数
K_{dpm} 主绕组系数
K_{dpa} 副绕组系数
K_{dpv} v 次谐波绕组系数
K_E 空载压降系数
K_u 压降系数
K_{Fe}、K_e 铁心叠压系数
K_{c1} 定子卡氏系数、定子卡特因数
K_{c2} 转子卡氏系数、转子卡特因数
K_δ 气隙系数
K_t 转矩系数
K_ϕ 波形系数
L 电感
L_a 电枢铁心长度
L_{ef} 电枢计算长度
l_B 导条长度
l_E 定子绕组端部长度
l_p 磁极极靴长度
l_1 定子铁心长度
l_2 转子铁心长度
l 铁心平均长度

$$l=\frac{1}{2}\left(l_s+l_r\right)$$

l_{pm} 主绕组平均匝长
l_{pz} 罩极绕组平均匝长
l_v 铁心净长度

$$l_v=K_{Fe}\left(l-nb_v'\right)=K_{Fe}l_{Fe}$$

L_j 铁轭磁路长度
l_b 线圈端部平均长度
l_{ar} 线圈半匝平均长度
m 相数、质量
m_j 轭部质量
m_t 齿部质量
N 每相绕组平均串联匝数
N_m 主绕组线圈数
N_a 副绕组线圈数
N_{scm} 主绕组每槽导体数
N_{sca} 副绕组每槽导体数
N_1 定子绕组每极匝数
N_2 转子绕组每极匝数
N_{1f} 直流励磁绕组附加匝数
N_1'' 直流励磁绕组总匝数
N_2'' 转子（电枢）绕组总导体数
N_ϕ 绕组每相匝数
N_z 罩极绕组匝数
N_{sc} 每槽串联导体数

$N_{sc}=2\times$每线圈匝数

N_c 每线圈串联匝数
$N_{\phi 1}$ 每相串联导体数
n 电动机转速
n_1 同步转速
n_2 额定转速
n_r 通风道数
n_{st} 定转子绕组变比

$$n_{st}=\frac{K_{cs}\cdot N_s}{K_{cr}\cdot N_r}$$

n_p 转子飞逸转速
N_t 并绕根数
P 有功功率
P_1 输入功率

- P_2 输出功率
- P_N 额定功率
- P_e 电磁功率
- P_δ 气隙功率
- P_{mx} 机械功率
- p 极对数
- P 电动机极数
- P_0 空载损耗，固定损耗
- P_r 可变损耗
- P_{Fe} 铁损耗
- P_{fw}, P_j 风摩损耗、机械损耗
- P_s 杂散损耗
- P_{Cu} 铜损耗
- P_t 齿部损耗
- P_j 轭部损耗
- P_{Cua} 电枢绕组铜耗
- P_a 电刷接触电阻损耗
- ΣP 总损耗
- Q 槽数、无功功率
- Q_1 定子槽数
- Q_2 转子槽数
- Q_p 每极槽数
- Q_m 主绕组占槽数
- Q_a 副绕组占槽数
- q 每极每相槽数
- R_ϕ 相电阻
- R_L 线电阻
- R_a 电枢绕组电阻
- R_B 导条电阻
- R_R 端环电阻
- s_f 槽满率
- s 转差率
- s_N 额定转差率
- T 转矩、温度
- T_K 堵转转矩
- T_N 额定转矩
- T_e 电磁转矩
- T_{max} 最大转矩
- T_{min} 最小转矩
- T_L 负载转矩
- T_1 输入转矩
- t 槽距
- T_2 输出转矩
- t_0 导线直径比值系数
- t 时间、温度、齿距
- U 电压
- U_N 额定电压
- U_L 线电压
- U_ϕ 相电压
- $U_{N\phi}$ 额定相电压
- V 体积、速度
- v 线速度
- N_s 换向元件匝数
- X 电抗
- X_L 线圈感抗
- X_1 定子电抗
- X_2 转子电抗
- X_m 励磁电抗
- X_e 端部电抗
- X_{sc} 槽漏抗、同步电抗
- X_d 谐波漏抗
- X_{sk} 斜槽漏抗
- X_d 直轴同步电抗
- X_δ 气隙磁场基波漏抗
- X_q 交轴同步电抗
- y 节距
- Z 阻抗、风阻、齿数
- β 绕组节距比
- τ 极距
- t 定子齿距
- t_2 转子齿距
- ρ 导体电阻率
- Δn 转速调整率
- ΔU 电压调整率
- θ_a 环境温度
- θ_c 冷却介质温度
- ΔU_b 一对电刷接触压降
- δ 单边气隙长度、单边厚度
- δ_i 计算气隙长度
- δ_2 第二气隙长度
- η 效率
- η_N 额定效率
- $\cos\varphi$ 功率因数
- λ_s 槽漏磁导系数
- λ_t 齿漏磁导系数
- λ_e 端部漏磁导系数
- λ_d 谐波漏磁导系数
- γ 电导率
- μ 磁导率
- μ_0 真空磁导率

μ_r 相对磁导率

ν 谐波数

Φ 每极磁通

Φ_δ 每极气隙磁通

ψ 磁链

Ω 机械角速度

ω 电角速度

φ 功率因数角

ζ 电费

α 极弧系数

目　　录

第二章 小功率三相异步电动机修理

第三章 单相交流异步电动机试验

第一章　单相电动机修理

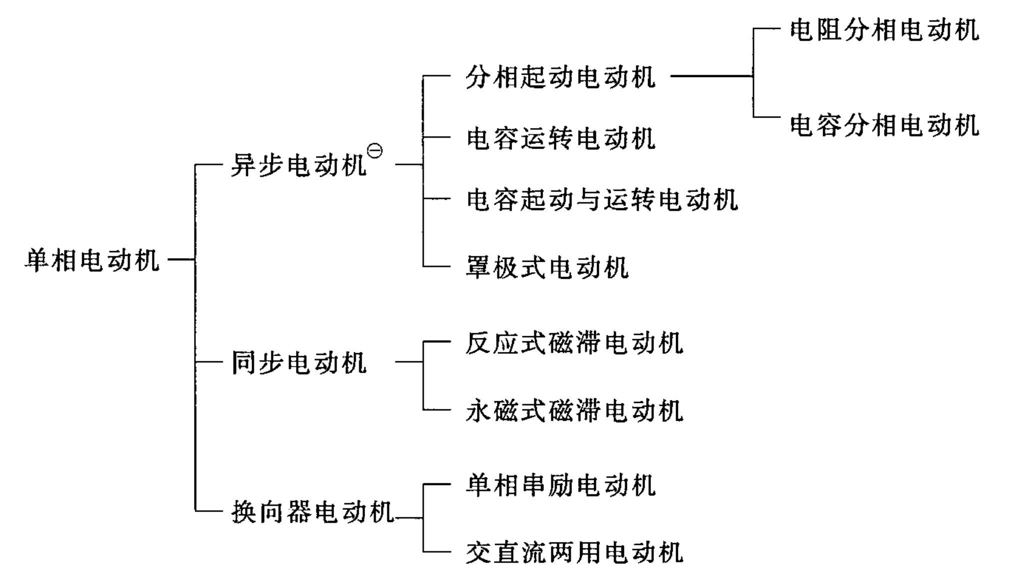
第一节　单相电动机概述

一、单相电动机的种类、结构和型号

单相电动机在国内通常制成轴中心高度不大于90mm、功率在750W以下，属于小功率电动机类。其功率等级分为0.4，0.6，1.0，1.6，2.5，4，6，10，16，25，40，60，90，120，180，250，370，550，750，1100W等20个等级。这类电动机的特点是应用量大、面广和专用性强，广泛用于工、矿、农、林、牧及交通等行业，作为小型机床、小型机具、电动工具、医疗器械以及家用电器等动力源。

（一）单相电动机的种类、结构概述

单相电动机按工作原理、起动方式及结构型式分类如下：



单相电动机具有结构简单、制造容易、使用可靠、维护方便等优点，特别是能直接用于单相交流电源，所以在家用电器及轻便电动工具中广泛应用。下面扼要介绍几种常用的单相电动机。

1. 分相电动机

分相电动机一般又称为分相起动电动机。它分电阻分相起动和电容分相起动两种。起动时在副绕组中串入移相电容器的称为电容分相电动机；若起动时外接电阻，或接入特殊设计的高阻副绕组的，称为电阻分相电动机。分相起动电动机只在起动过程中接入副绕组，运行时即断开副绕组电源，由主绕组独立工作。

分相电动机的电路原理如图1-1所示。它主要由定、转子及起动开关组成。转子是笼型绕组；定子铁心槽内嵌有两套机械角度相差90°的主、副绕组；起动开关若采用离心开关，则装在电动机内部转轴上，也有采用起动继电器的，其作用都一样，即起动时当转速上升到额定转速的75%～80%时，断开副绕组电源使电动机进入正常运行。这种电动机的起动转矩较高，电阻起动一般为1～1.5倍额定转矩；电容起动可高达2.5～3倍额定转矩。

2. 电容电动机

又称电容分相运转异步电动机。其结构与分相电动机相同，唯副绕组串联的电容器起动后不脱离电源，因此嵌装在定子槽内的主、副绕组同时投入

⊖ 本手册中异步电动机专指感应电动机，而不包括其他类型的异步电动机。

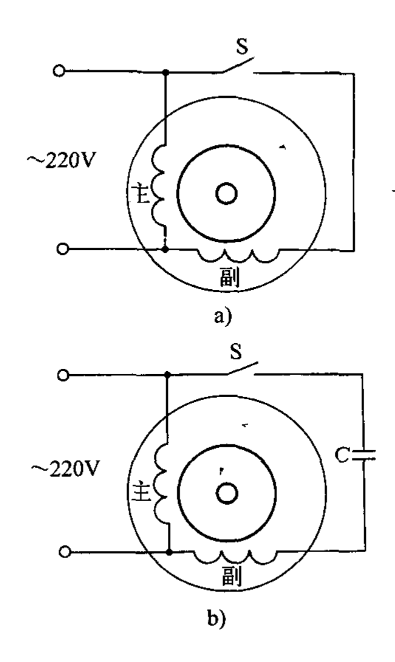


图 1-1　分相电动机电路

a）电阻分相起动　b）电容分相起动

运行，其实质上构成两相电动机。

电容电动机的功率因数、效率与过载能力均比其他单相电动机高，但起动转矩较小，一般只有 35%～60% 额定转矩。由于它的运行性能优越，在家用电器中应用最普遍。其电气接线原理如图 1-2 所示。

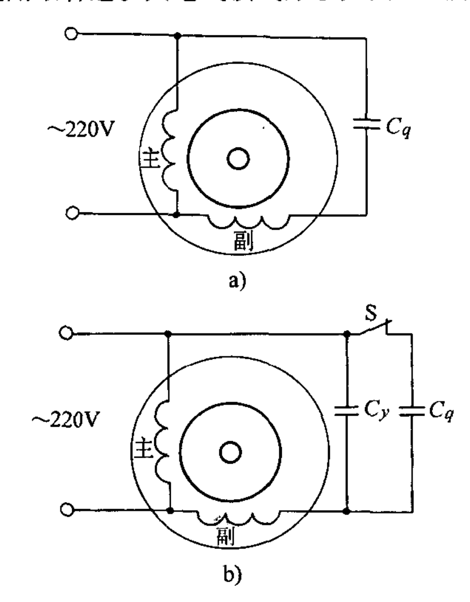


图 1-2　电容运转电动机电路

a）电容分相运转　b）双电容电动机

3. 罩极电动机

它是单相电动机中结构最简单的一种。转子是笼型的，定子一般为凸极，每个磁极的励磁绕组（主绕组）集中绕在凸极周围，称为集中绕组，如图 1-3 所示；副绕组是一只电阻值很小的闭合短路铜环。一般凸极极面的 1/3～1/2 处开有一凹槽，供嵌入短路铜环把部分磁极罩住，故称罩极电动机。

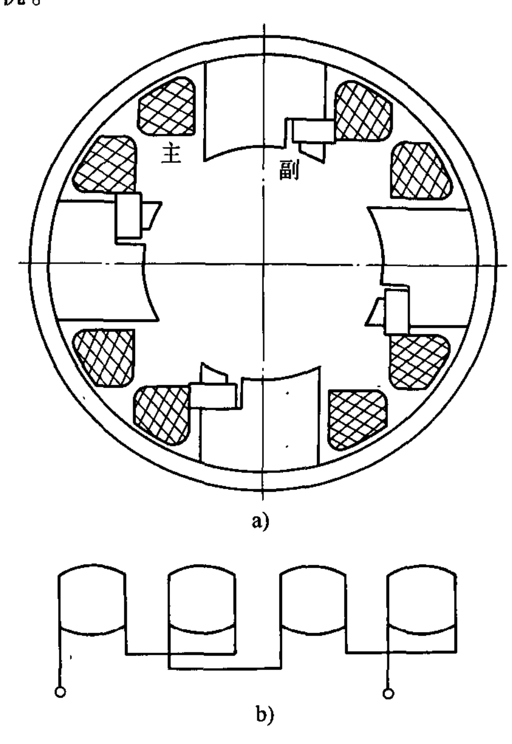


图 1-3　罩极电动机

a）罩极及绕组结构　b）绕组接线

罩极电动机通电时，由于磁极中的被罩部分与未罩部分的磁阻不同，从而形成磁场相位差，使之达到移相起动的目的。在较大功率罩极电动机的定子上则采用有槽隐极式分布绕组，其结构与电阻分相电动机相似，但副绕组匝数很少，只有 1 到几匝，并构成短路闭合。

罩极电动机构造简单，成本低廉且结构坚固，在有些电风扇、电唱机及仪表上多采用。但其效率极低，目前除家用小型电风扇、鼓风机及一些微型电动器具尚应用外，均被电容电动机所代替。

4. 反应式同步电动机

定子是罩极式，转子用软磁材料制成。当定子绕组接通交流电时即产生工频脉动旋转磁场，转子被磁化而分别产生感应极性，定子磁场将转子异性磁极吸引，同时由于罩极的作用，使定子极面的磁通中心线从未罩部分移向被罩部分，转子也就随定子铁心中产生的脉动旋转磁场以同步转速旋转。这种电动机的特点是制造成本低，维护简易，一般只适合制成微功率控制系统用电机，或家用电器应用于一般电唱机等作动力源。

5. 单相串励电动机

它的基本结构同直流电动机，可制成交、直流两用，故又称通用电动机。定子和转子铁心均由冲片叠

成，定子是凸极式集中绕组，称励磁线圈；转子是电枢，由铁心、轴、换向器及转子绕组构成。交、直流两用电动机则多一只附加励磁绕组，其接线原理如图1-4所示。

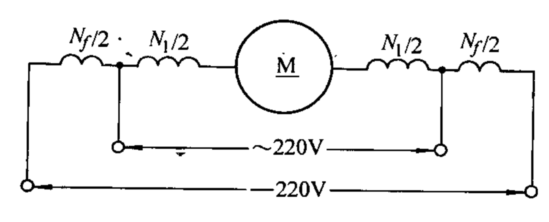


图1-4　交直流两用串励电动机接线

串励电动机的特点是转速高，起动转矩及功率因数均较高，与相同功率其他单相电动机相比，它的体积最小，重量也最轻，对电源电压波动的适应范围较大。但它的结构较复杂，使用中又要经常维护；运转噪声较大，并对无线电有干扰，且不允许在额定电压下空载运转。串励电动机普遍用作电动工具和小型机床、吸尘器等动力源。

单相电动器具的品种繁多，所采用的电动机型式也各异，表1-1是家用电器及电动工具设备所常用的单相电动机的结构特征、性能特点和应用范围简介。

表1-1　常用单相电动机的结构特征、性能特点和应用范围

电动机型式	电阻分相起动式	电容分相起动式	电容运转式	罩极式	反应式同步电动机	串励电动机
基本系列型号	YU（BO、BO2、JZ）	YC（CO、CO2、JY、JDY）	YY（DO、DO2、JX）	YJ	TU、（TX）	HL、（SU）、G
功率范围/W	18～600	120～750	5～600	0.5～120		8～750
转子结构	鼠笼型	鼠笼型	鼠笼型	鼠笼型	凸极软磁铁心	叠片电枢
起动装置	起动开关	起动开关	不需要	不需要	不需要	不需要
调速性能	一般不能调速	一般不能调速	可采用抽头式改变主、副绕组阻抗或串联外接电抗器调速	一般不能调速，但可制成特殊型式的多速电动机	不能调速，但能获得恒定的同步转速	带负载降压调速
结构特征	定子是分布绕组，主、副绕组轴线在空间相差90°电角。一般是主绕组匝数多、导线较粗，副绕组匝数少，但导线细以增加电阻。副绕组经起动开关与主绕组并接于电源，当转速达到75%～80%同步转速时，起动开关断开副绕组电源，由主绕组单独工作	定子绕组分布与电阻分相电动机相同，但副绕组导线较粗，副绕组与起动电容器串联通过起动开关接入电源起动。起动情况与电阻分相式同	定子嵌有主、副绕组，轴线在空间相差90°电角，一般是副绕组匝数稍多，导线较细（也有采用主、副绕组相同导线与匝数的），工作电容器串接于副绕组与主绕组并接于电源起动、运行	一般采用凸极定子，主绕组是集中绕组，极靴上嵌有罩极绕组（短路环）；另一种是隐极式定子，主副绕组均采用分布绕组，但起动绕组匝数较少，导线粗，且自行闭合。它们的轴线在空间一般相差45°电角左右	定子有四种结构型式，但与单相异步电机相似；转子开有反应槽，可分为外反应式、内反应式及内外反应式三种结构型式。设有供起动用的笼形绕组	定子为凸极式集中绕组；转子是电枢并采用单叠绕组。电枢由换向器经电刷与定子励磁绕组串联后接入电源

（续）

电动机型式	电阻分相起动式	电容分相起动式	电容运转式	罩极式	反应式同步电动机	串励电动机
性能特点	制动转矩一般为 $T_K=1.1\sim1.7$；制动电流大，$I_K=7\sim11$。能用改变接法获得反转	制动转矩大，$T_K=2.5\sim3.0$，制动电流中等，$I_K=4.8\sim6.4$，可用改接反转	制动转矩小，$T_K=0.35\sim1.0$，但振动小、噪声低、运行性能优良，并可逆转和调速，但不宜空载或轻载运行	制动转矩小，一般 $T_K<0.5$，力能指标差，一般只能单向旋转	制动转矩大，$T_K=2\sim3.5$，转速恒定且噪声小，过载能力强，运行可靠，但功率小	制动转矩特大，可达 $T_K=1.5\sim6.0$，而且转速可高到 $n=4000\sim12000\text{r/min}$，机械特性软，调速范围广，过载能力大，但结构复杂，维护困难，成本高
应用范围	适用于中等起动转矩、过载能力且不经常起动、负载可变而要求速度基本不变的场合。如小型车床、鼓风机、医疗器械、工业缝纫机、排风扇等	适用于较大起动转矩的设备，如空气压缩机、电冰箱、磨粉机以及各种泵类设备的满载起动	适用于负荷率高、噪声低的场合，如风扇、吊扇、录音机、电影放映机、记录仪表、电吹风等各种恒载起动的机械	适用于对制动转矩要求不高的场合，如小型风扇、电吹风、电唱机、电动模型、小鼓风机以及各种小功率电动设备	适用于小功率恒转速的场合，如录音、摄影及通讯装置、热工仪表上；也可作电钟、电唱机电机	适用于单相交流或直流电源上使用，常用于医疗器械、日用电器、小型机床及电动工具等高速、重量轻及变负载特性的场合

（二）单相电动机的型号

1. 一般用途单相电动机的型号

一般用途（通用型）单相异步电动机有 BO2、CO2、DO2 三个基本系列。该产品采用 IEC 等国际标准，其功率等级与机座号对应关系与国际通用，见表 1-2。电动机外壳防护等级为 IP44，采用 E 级绝缘，绕组具有良好的机械强度和绝缘性能，接线盒在电机顶部，便于接线和维修。该系列电动机是 20 世纪 80 年代我国自行设计定型生产的节能机电产品新系列，它取代了 JX、JY、JZ 及 BO、CO、DO 老系列的单相电动机。随着生产发展的需要，目前又研制新颖的 YC 系列单相电容起动异步电动机。YC 系列单相电动机与 Y 系列功率等级对应关系见表 1-3。

表 1-2　单相异步电动机功率与机座号对应关系

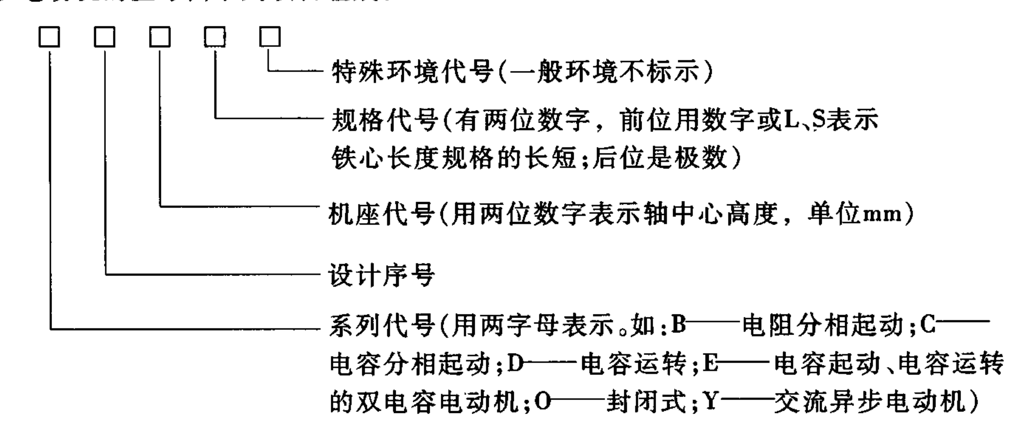
机座号	铁心长度代号	BO2 系列		CO2 系列		DO2 系列	
		同步转速/（r/min）					
		3000	1500	3000	1500	3000	1500
		额定功率/W					
45	1	—	—	—	—	10	6
	2	—	—	—	—	16	10
50	1	—	—	—	—	25	16
	2	—	—	—	—	40	25
56	1	—	—	—	—	60	40
	2	—	—	—	—	90	60
63	1	90	60	—	—	120	90
	2	120	90	—	—	180	120

机座号	铁心长度代号	BO2 系列		CO2 系列		DO2 系列	
		同步转速/（r/min）					
		3000	1500	3000	1500	3000	1500
		额定功率/W					
71	1	180	120	180	120	250	180
	2	250	180	250	180	—	250
80	1	370	250	370	250	—	—
	2	—	370	550	370	—	—
90	S	—	—	750	550	—	—
	L	—	—	—	750	—	—

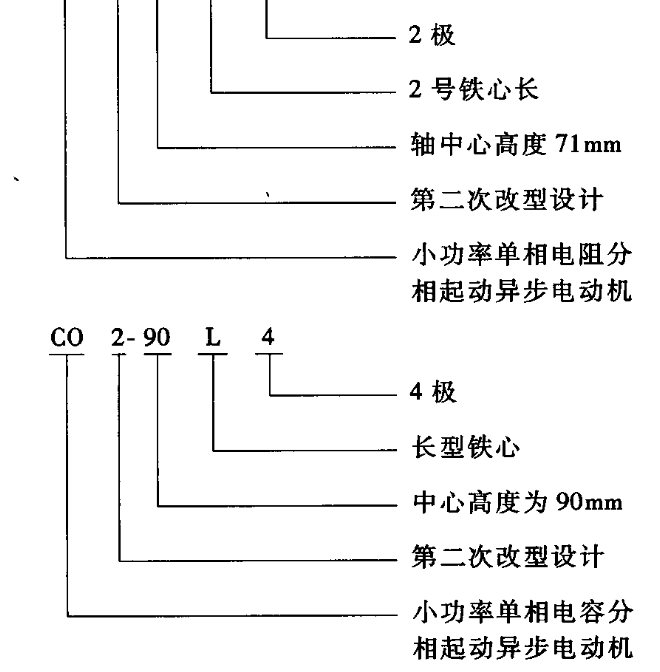
表 1-3　YC 系列单相电动机与 Y 系列功率等级对应关系

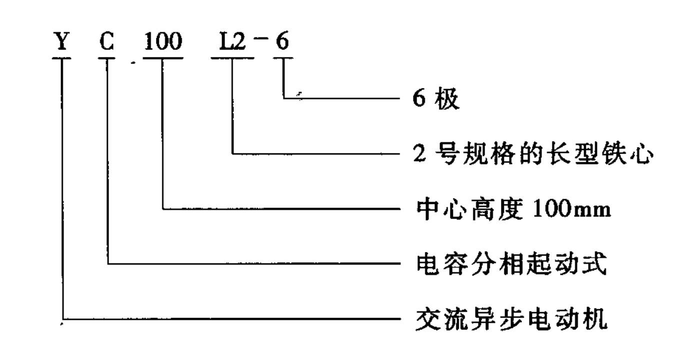
机座号		铁心长度代号	同步转速/（r/min）					
			3000		1500		1000	
			功　率/kW					
			YC 系列	Y 系列	YC 系列	Y 系列	YC 系列	Y 系列
90	S		0.75	1.5	0.55	1.1	0.25	0.75
	L		1.1	2.2	0.75	1.5	0.37	1.1
100	L	1	1.5	3	1.1	2.2	0.55	1.5
		2	2.2		1.5	3	0.75	
112	M		3	4	2.2	4	1.1	2.2
132	S	1	3.7	5.5	3	5.5	1.5	3
		2		7.5				
	M	1	—	—	3.7	7.5	2.2	4
		2						5.5

单相异步电动机的型号由下列项目组成：



例如：





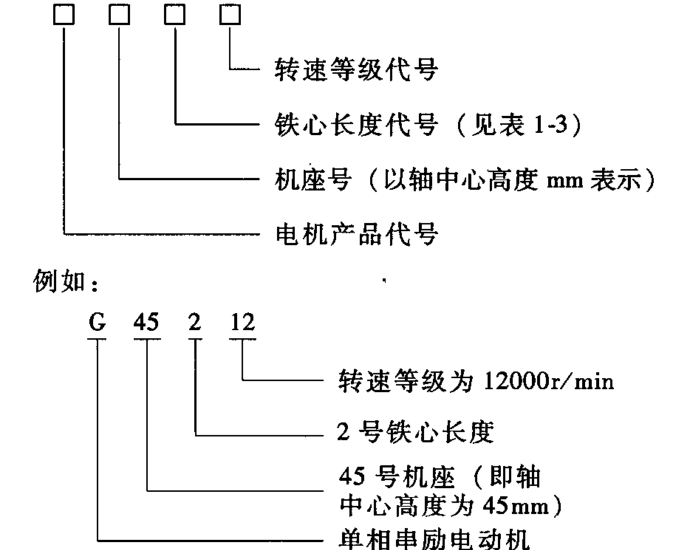
2. 单相串励电动机的型号

单相串励电动机是换向器式交、直流两用串励电动机的基本型式。G 系列单相串励电动机是 20 世纪 70 年代设计的较新系列产品，它包括 4 种转速等级，4 个机座号，12 个功率等级，共 38 个规格。其功率等级与机座号对应关系如表 1-4。

单相串励电动机的型号组成意义如下：

表 1-4 G 系列单相串励电动机功率等级与机座号对应关系

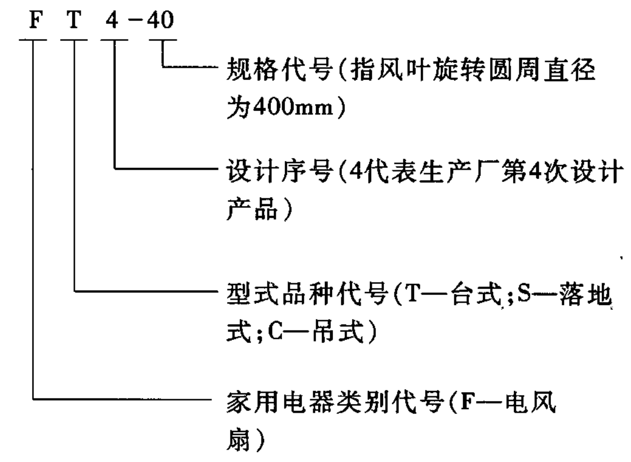
机座号	铁心长度代号	额定功率/W			
		4000r/min	6000r/min	8000r/min	12000r/min
36	1	8	15	25	40
	2	15	25	40	60
	3	25	40	60	90
45	1	40	60	90	120
	2	60	90	120	180
	3	90	120	180	250
56	1	120	180	250	—
	2	180	250	370	
	3	250	370	550	
71	1	370	550	—	—
	2	550	750		
	3	750	—		



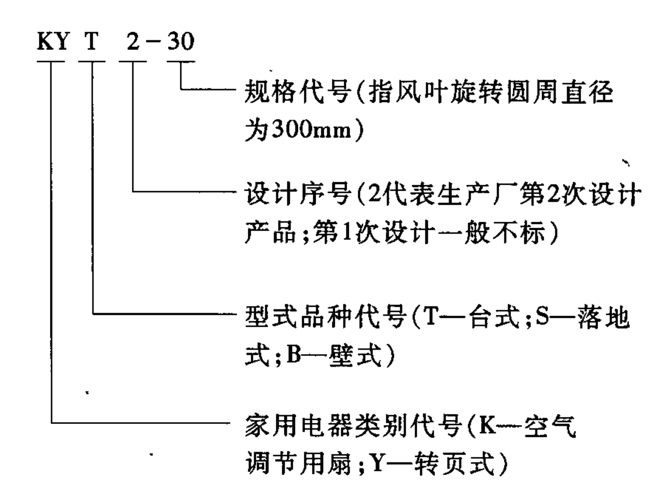
3. 家用电器电动机的分类与型号

（1）风扇用电动机的型号　电风扇电机主要采用电容运转式单相交流异步电动机，少量也采用罩极式和交直流两用电机。目前国产标准通用型电扇用的电容电动机主要有 300YSD 型防护式台扇电动机；YF 型封闭式风扇电动机；YWF55 型单相外转子封闭式吊扇电动机等。但是实际上电风扇的品种规格很多，又涌现了脱排油烟机和鸿运扇、大厦式电扇等新产品。因而就出现了“代用型号”，即以电风扇的型号代表电动机型号。

目前电风扇的型号是按国际统一惯例的标准编列的。一般由几个英文字母和三个阿拉伯数字组成：第一项字母是电扇的代号；第二项字母表示电扇的品种；第三项数字代表生产厂设计序号；四项数字代表电扇的规格。例如：

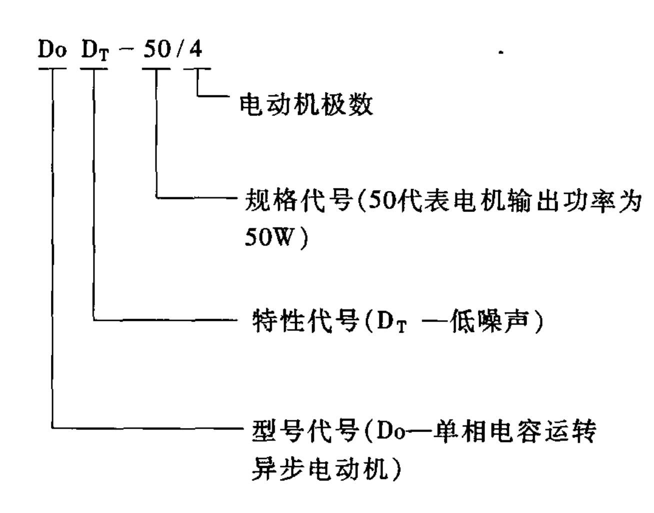


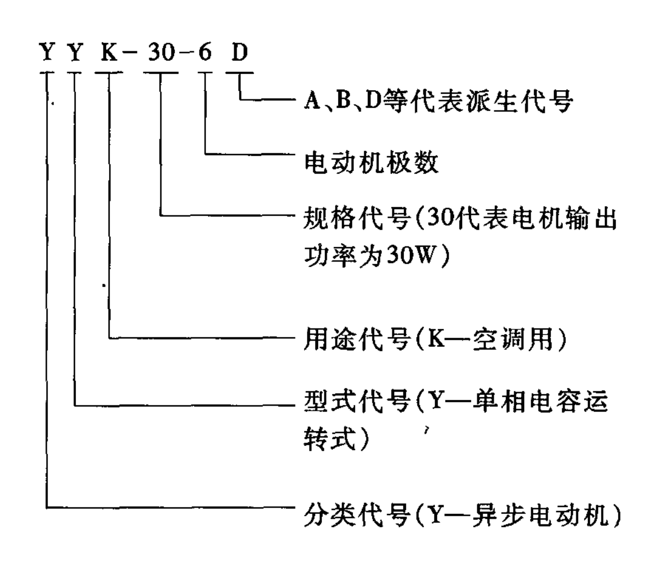
又如：

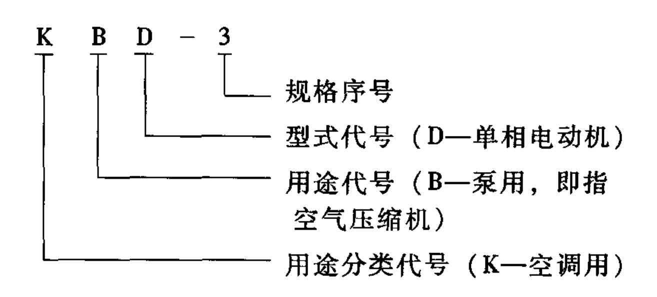


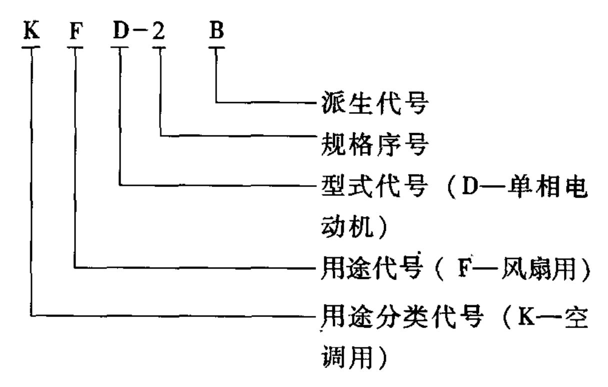
（2）电冰箱用电动机的常见型号　电冰箱电动机是电冰箱的心脏——压缩机组的配套组成部件。所以电冰箱电动机从属于压缩机组专用，它的型号习惯上采用压缩机组的型号，而且因生产厂而异，所以外文、数字代号无统一规定，只有少量的型号能明确表示出压缩机组与电动机的主要参数。例如：QF-21-75、QF-21-93，其中最后一项数字 75、93 表示电动机输出功率为 75W、93W；中间数字 21 则代表压缩机的汽缸直径为 21mm。除此型号外，所有国内外的压缩机组型号的外文、数字代号均由各生产厂自定，无法明确其型号的组成意义，只能参阅压缩机组铭牌上的有关参数或说明书。

（3）空调器用电动机的型号　家用空调器一般都使用单相电源，通常都具有两台电动机，一台是压缩机组电机作致冷循环用；另一台作强迫通风及交换空气循环用。空调器用电动机的型号有如下几种：



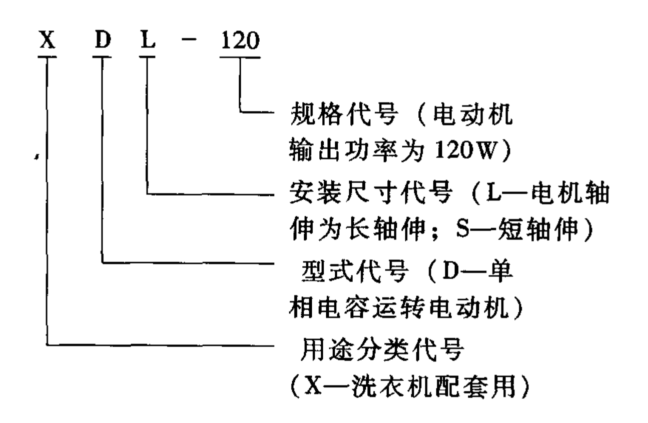


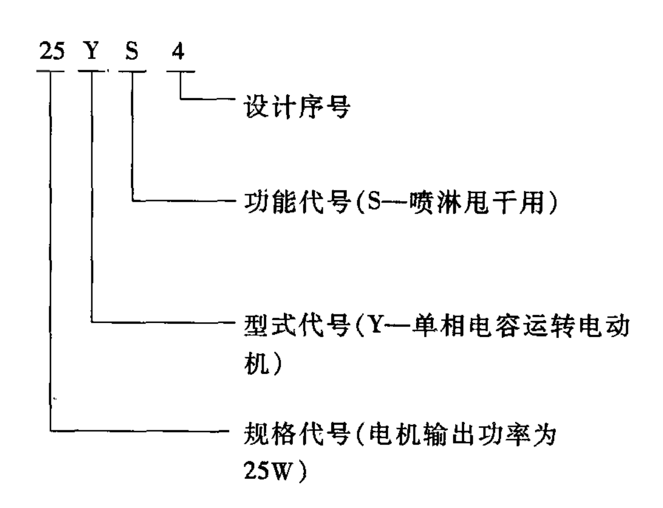


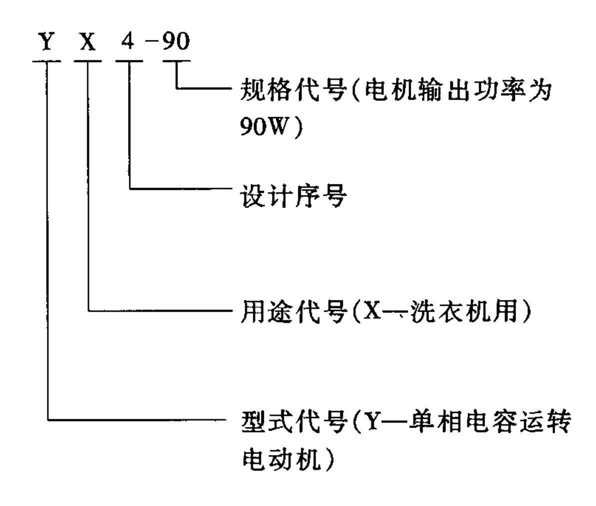


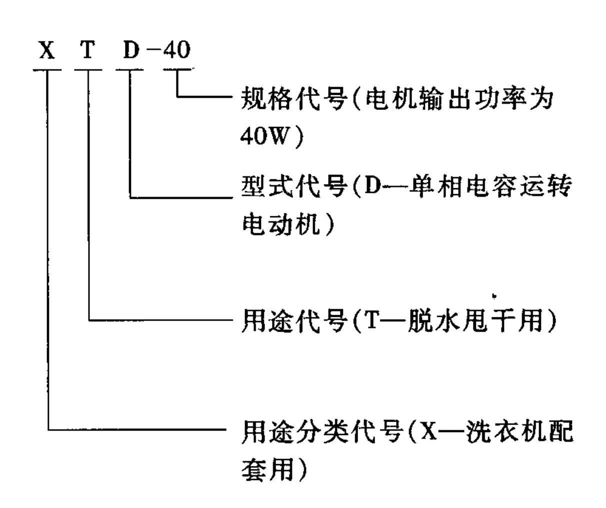
（4）洗衣机用电动机的型号　洗衣机用电动机属单相电容运转电动机，通常设计成开启式自冷或自扇冷结构。我国较早生产的有 DX 系列，产品符合国家技术标准，共有 4 个规格，是洗衣机专用的通用型电机。

国产洗衣机用电动机型号的组成如下：

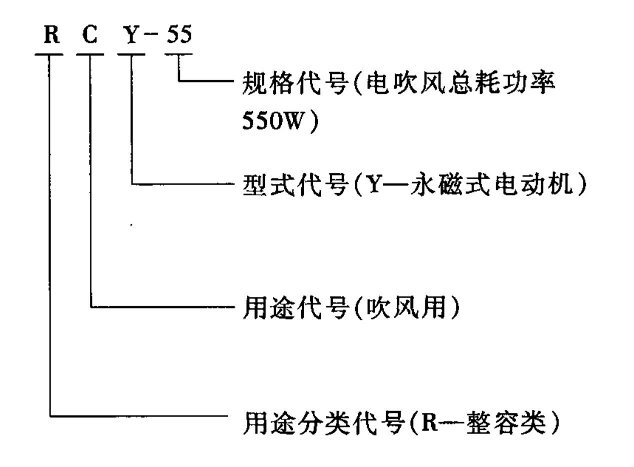




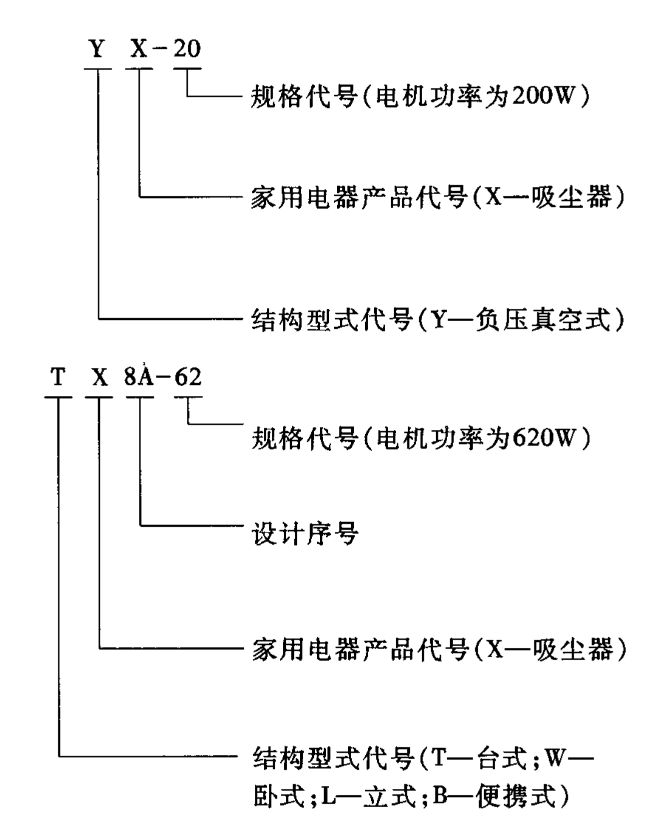




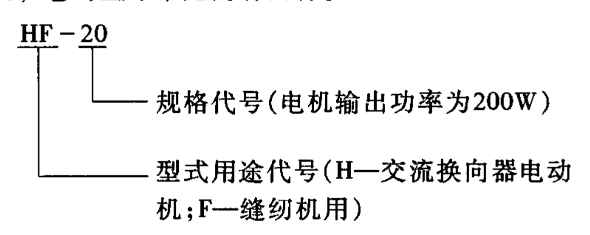
(5) 电吹风用电动机的型号　它的型号一般随电吹风型号，常见的有642，604，633，636型及HD-450型等。也有归“家电用整容类”产品型号。例如：

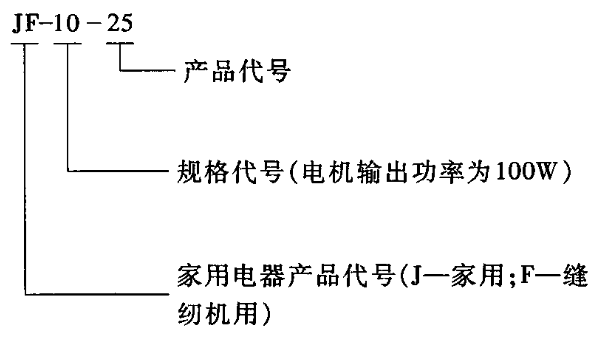


(6) 吸尘器用电动机的型号　吸尘器的专用电动机为交直流两用串励式电动机，一般也采用产品代用型号。常见的型号如下：



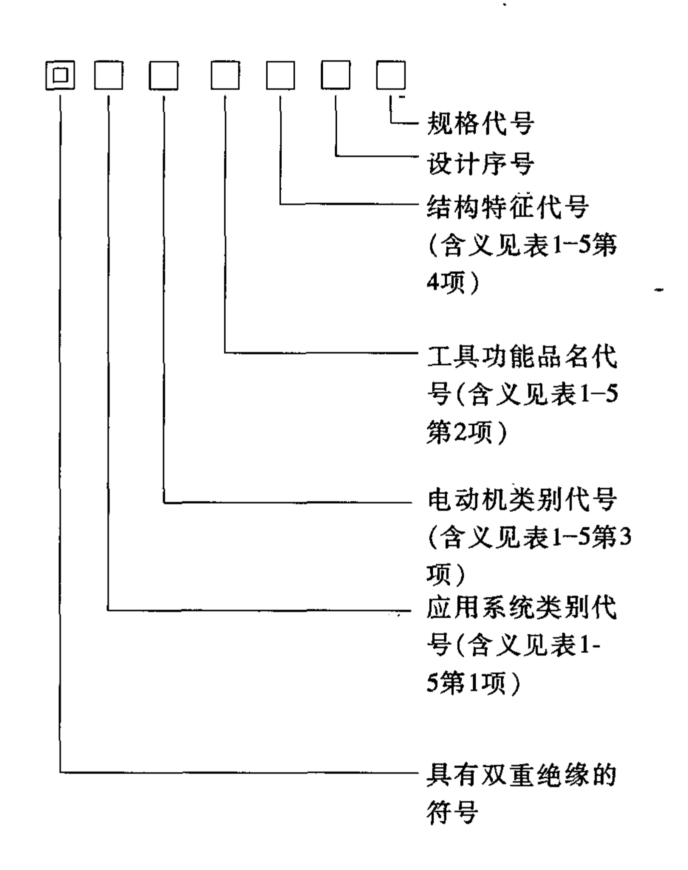
(7) 电动缝纫机用电动机的型号　电动缝纫机的电机也属专用电机，一般家用的多采用单相串励电动机，它的型号常见的有两种。





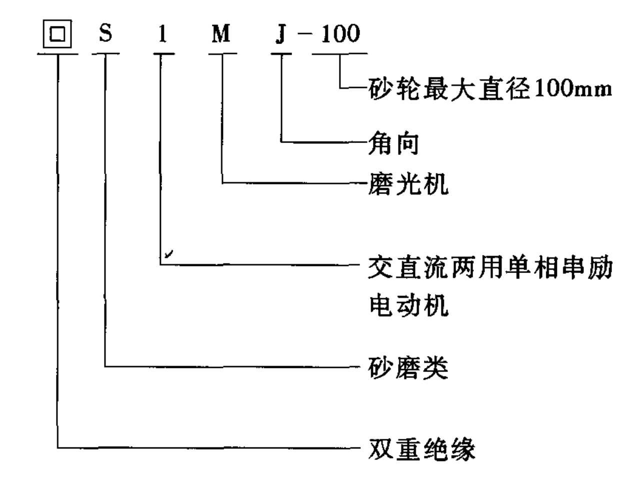
4. 电动工具用电动机的分类与型号

电动工具一般是指轻便式手提电动工具。电动工具的动力源电机有多种，有交直流两用串励电动机；永磁直流电动机；三相工频、中频或单相工频异步电动机等。目前应用最多的是交直流两用串励电动机；而对振动较大的电动工具，则采用单相或三相笼型异步电动机；微型电动工具则采用永磁直流电动机；少量为获得高转速的则采用200～400Hz的中频三相电动机。



它的型号常以工具型号作为代用型号。单相电动工具型号的组成如下：

例如：



5. 其他机电设备专用单相电动机的型号

（1）断路器专用单相电动机的型号　断路器专用的交直流两用单相串励电动机的型号较常见的

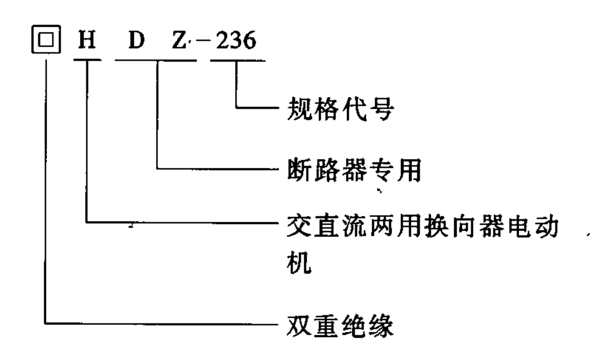
例如：

表 1-5　电动工具型号中的外文、数字代号、符号意义

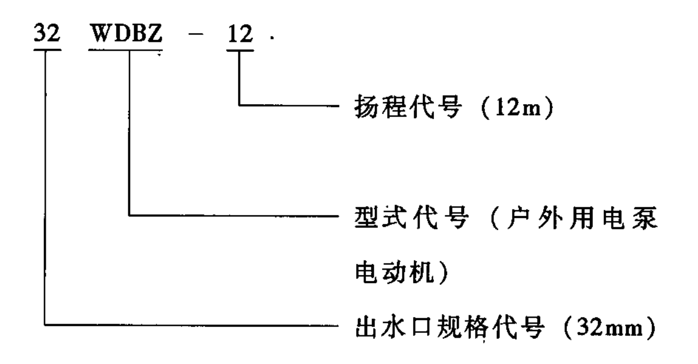
项	代号	J	S	P	M	N	Z	T	K	Q
1	系统类别	金属切削类	砂磨类	装配类	林木类	农牧类	建筑道路类	铁道类	矿山类	其他类
2	电动工具功能名称及代号	Z 电钻 C 磁座钻 A 电铰刀 K 电动刮刀 H 电冲剪 Q 电动曲线锯 U 电动锯管机 F 电动往复锯 G 型材切割机 J 电剪刀 S 电动攻丝机 D 多用电动工具	S 电动砂轮机：直向砂轮机 S；角向磨光机 M；软轴砂轮机 R G 电动砂光机：直向砂光机 G；角向砂光机 J P 电动抛光机：直向抛光机 P；角向抛光机 J	B 电动扳手 Z 电动胀管机 L 电动螺丝刀 M 电动拉铆机	B 电刨 C 电动插孔机 K 电动开槽机 A 电动带锯 L 电链锯 Y 电圆锯 Z 电动木工钻 G 电动木工砂光机 X 电动木铣 H 电动打枝机 S 木工刃具砂轮机	J 电动剪毛机 P 电动喷油机 C 电动采茶机 Z 电动剪枝机 L 电动粮食深层取样机	D 混凝土振动器 J 冲击电钻 G 电镐 B 地板刨光机 S 地板砂光机 H 电动打夯机 M 电动水磨石机 X 砖瓦铣沟机 Q 钢材截割机 Z 混凝土钻机 C 电锤	B 铁道螺钉电扳手 Z 枕木电钻 G 枕木电镐	Z 电动凿岩机 Y 岩石电钻	G 电动骨钻 C 载布机 X 电动胸骨锯 K 电动雕刻机 S 石膏电锯 Q 电动除锈机 H 电动卷花机 P 电喷枪 T 电动地毯剪 G 锅炉去垢机

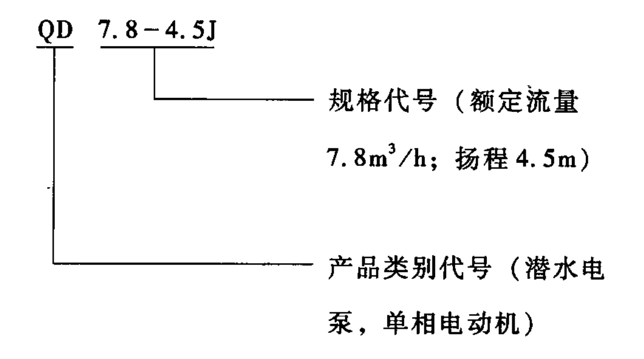
（续）

3	电动机类别	代号	0	1	2	3	4	5				
		电动机	低压直流电动机（24V 以下）	交直流两用电动机	三相中频（200Hz）电动机	三相工频电动机	三相中频（400Hz）电动机	电磁往复电动机				
4	结构特征	代号	J	R	T	S	D	G	Z	H	P	回
		结构型式	角向	软轴式	台式	双速	多速	高速	直筒式	后托柄式	拎攀柄式	双重绝缘

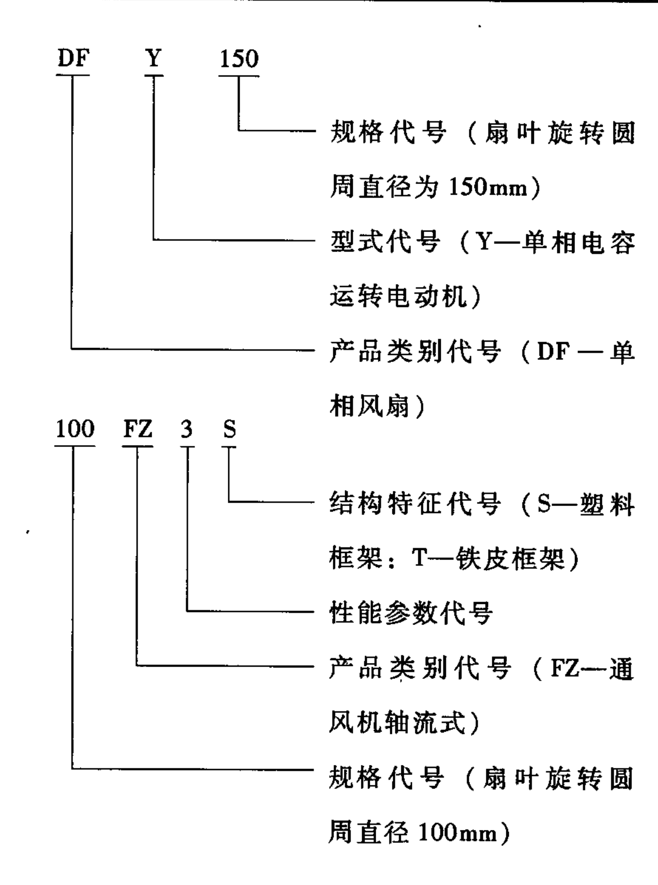


（2）泵用单相电动机系列的型号　微型同轴泵用单相电动机是采用代用型号，其典型系列型号有如下两类：

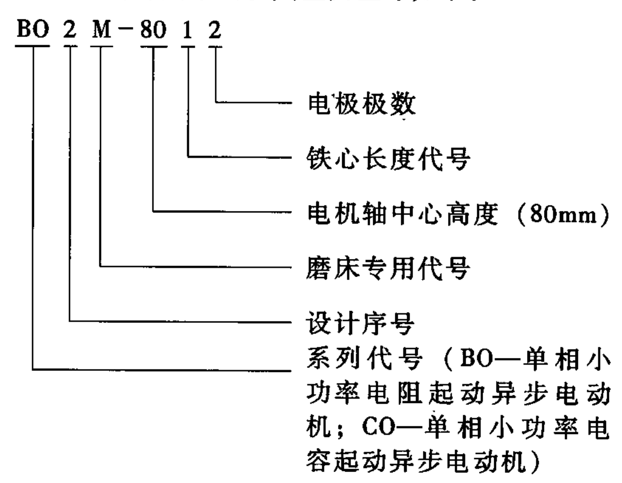




（3）轴流式通风机专用单相电动机系列的型号　FZ 系列轴流通风专用的单相电动机多采用电容运转式。其代用型号有如下两类：



（4）磨床专用单相电动机的型号　电动机采用通用型派生的专用系列。其主要型号如下：



（5）静电复印专用微型单相电动机的型号各功能电动机的型号统一如下：

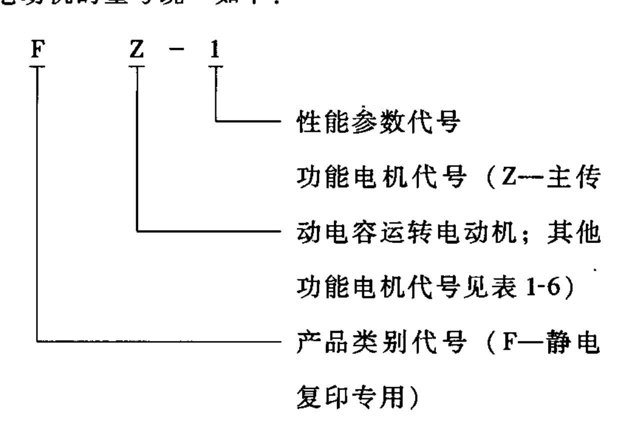


表1-6 静电复印机专用微型单相电动机的型式、功能代号

代号	电机型式	功能电机
Z		主传动电机
G		可逆转光学驱动电机
S	电容运转式	输送纸张电机
X		吸尘电机
M	电容运转式	毛刷电机
C	永磁直流式	搓纸电机
F	单相罩极式	风扇电机

二、单相电动机的绕组型式、接线及技术数据

（一）一般用途单相电动机绕组型式及技术数据

1. 分相电动机绕组的布线型式与接线

单相分相起动电动机包括BO2、CO2等系列。定子上有主、副绕组，起动时副绕组经开关接入电源，运转时副绕组脱离电源而由主绕组单独运行。故主、副绕组的每极槽数占槽比是 $Q_m/Q_a=2$。绕组的布线型式有如下几种：

（1）双层叠绕组　单相双层叠绕组的组间接线是反串联，排列展开图如图1-5所示。双层叠绕组的线圈节距通常采用缩短1/3极距，以较好地消除三次谐波成分，改善电动机起动性能。但绕组嵌线困难，故在单相电动机中，目前已很少采用。

（2）单层叠绕组　单叠绕组的排列展开图如图1-6所示。它是全距绕组，采用庶极接线，即绕组组间是顺接串联接线。绕组特点是端部排列不均匀，整套绕组可分割成两部分，故适用于对电动机需要制成分割式定子结构的特殊场合。

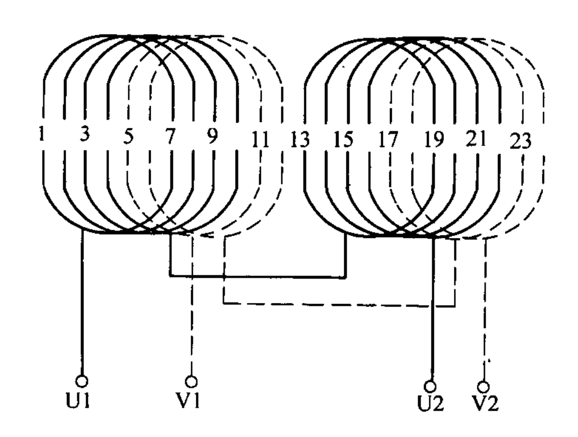


图1-5　分相电动机双层叠绕组

（$Q_1=24$，$2p=4$，$Q_m/Q_a=2$）

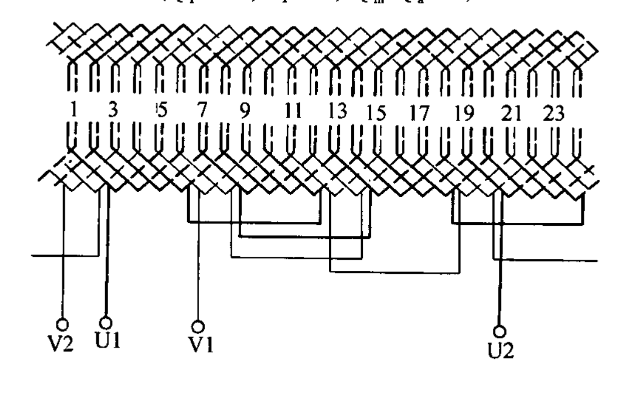


图1-6　分相电动机单层分离式叠绕组

（$Q_1=24$，$2p=4$，$Q_m/Q_a=2$）

（3）等距交叉绕组　它的节距必为偶数的单层绕组，组间接线采用反接串联，绕组排列展开如图1-7所示。

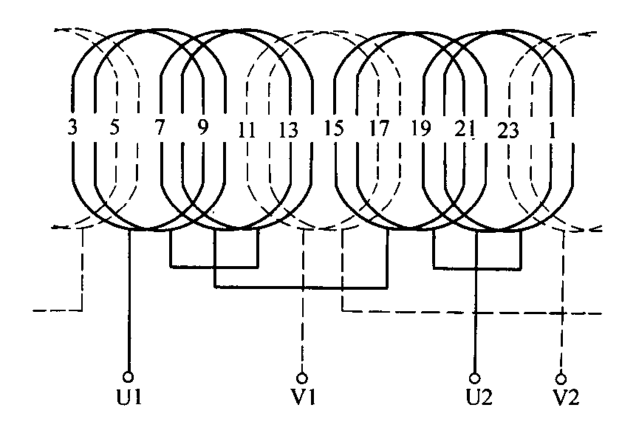


图1-7　分相电动机等距交叉绕组

（$Q_1=24$，$2p=4$，$Q_m/Q_a=2$）

（4）单链绕组　也是单层绕组，构成这种绕组的条件是节距必须是奇数。它是一种线圈节距缩短的全距绕组，如图1-8所示，组间接线是反接串联。

（5）单层同心绕组　绕组展开排列如图1-9所示，它采用不同节距线圈的全距绕组。其主要特点是主、副绕组分置于上下层，成双平面结构；嵌线和修理副绕组都很方便，是单相电动机中应用较多的绕组型式。

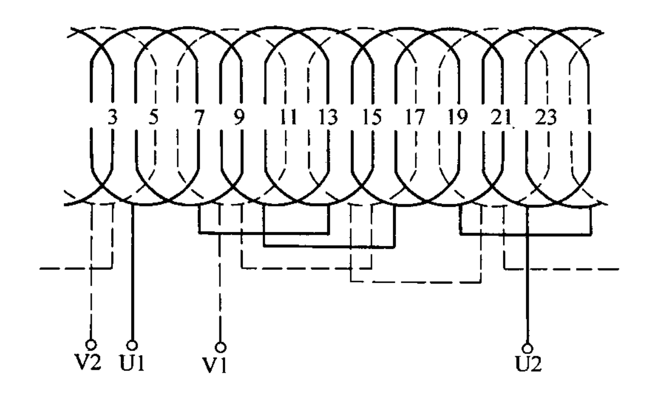


图 1-8 分相电动机单链绕组

（$Q_1=24$，$2p=4$，$Q_m/Q_a=2$）

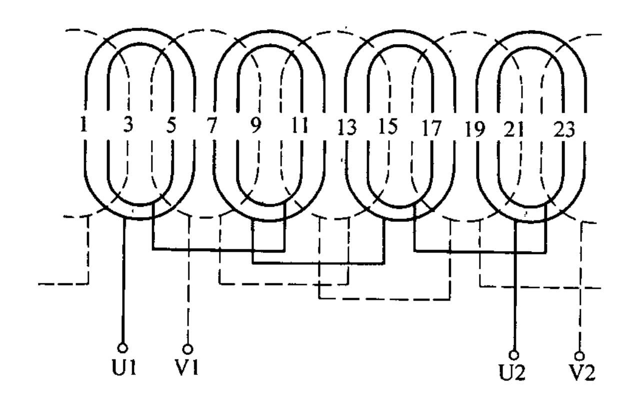


图 1-9 分相电动机单层同心绕组

（$Q_1=24$，$2p=4$，$Q_m/Q_a=2$）

2. 电容运转电动机的绕组布线型式与接线

单相电容运转电动机的绕组原理基本上与分相电动机相同，因主、副绕组同时工作，故其占槽比 $Q_m/Q_a=1$；当每极槽数为偶数时，绕组常采用同心式，如图 1-10 所示。若每极槽数是奇数，则多用单、双圈交叉排列的绕组，如图 1-11 所示。绕组线圈组间接线是反接串联，绕组布线是双平面结构。

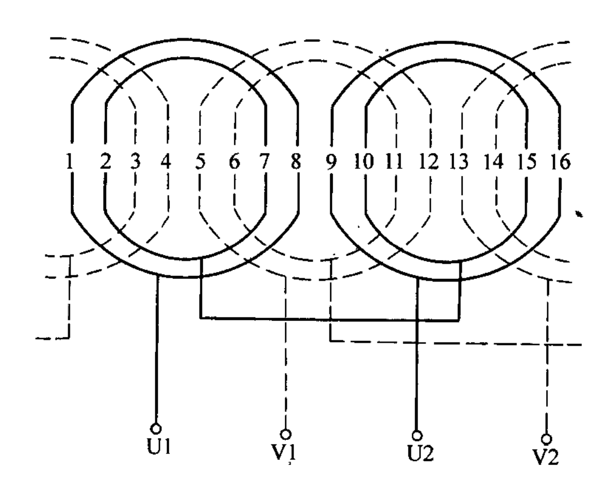


图 1-10 电容运转电动机同心绕组

（$Q_1=16$，$2p=2$，$Q_m/Q_a=1$）

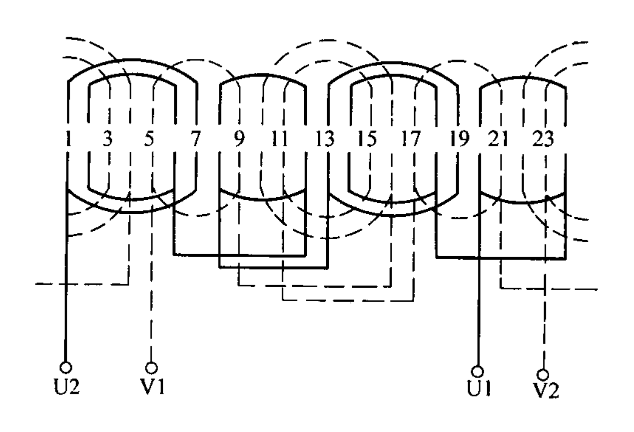


图 1-11 电容运转电动机（双平面）绕组

（$Q_1=24$，$2p=4$，$Q_m/Q_a=1$）

3. 单相电动机的正弦绕组

（1）正弦绕组的型式与特点　正弦绕组是一种电气性能优良的特殊形式绕组，其线圈形状及绕组型式都近似于同心式绕组，绕组属双平面结构，主绕组在槽下层布线，副绕组在槽上层布线。在同极槽数中的每槽匝数及线圈匝数都不相等。主、副绕组在槽中导体数按正弦规律分布，使电动机气隙磁势的分布接近于正弦波形，故称“正弦”绕组。采用正弦绕组时，主、副绕组只有每极匝数比而不规定占槽比。因此，正弦绕组可用于各种型式的单相电动机。

正弦绕组的特点：

1）能削弱附加转矩，降低附加损耗，提高效率；

2）可以改善电动机的起动性能和运行特性；

3）采用双平面布线而使嵌线及检修方便；

4）由于匝数不等而造成线圈制作变得稍为复杂。

（2）单相电动机正弦绕组的布线展开图　正弦绕组所具有的优点在一定程度上弥补了单相电动机的不足（对三相电机而言），所以目前生产的单相电动机几乎都采用正弦绕组。图 1-12 ~ 图 1-18 是 BO2、CO2、DO2 系列单相电动机正弦绕组布线展开图。

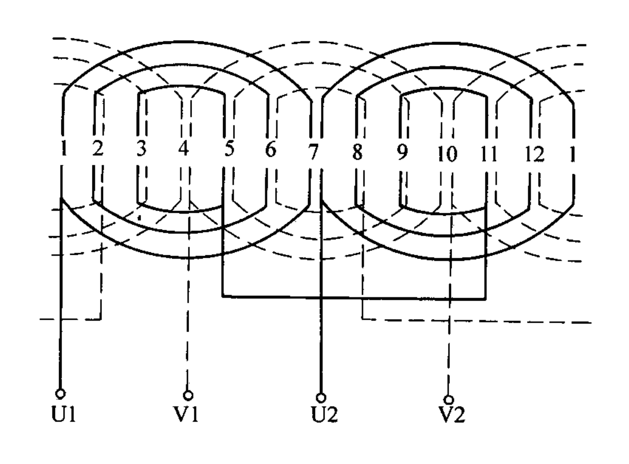


图 1-12 3/3 型正弦绕组

（$Q_1=12$，$2p=2$）

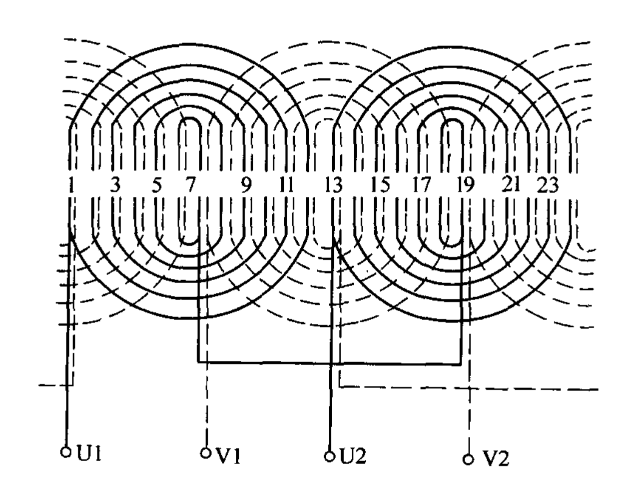


图 1-13　6/6 型正弦绕组
($Q_1=24$, $2p=2$)

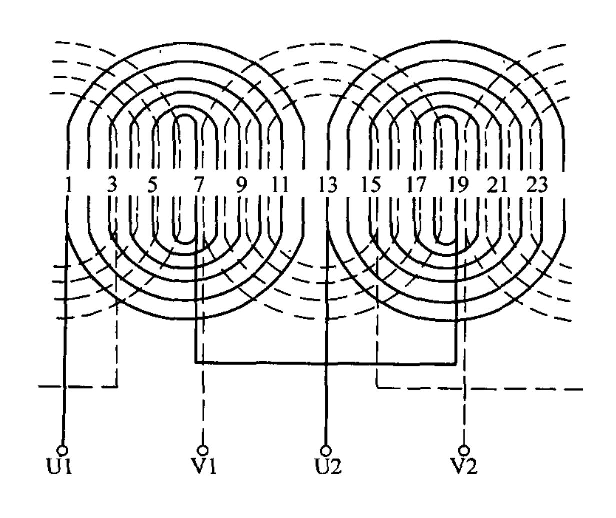


图 1-14　6/4 型正弦绕组
($Q_1=24$, $2p=2$)

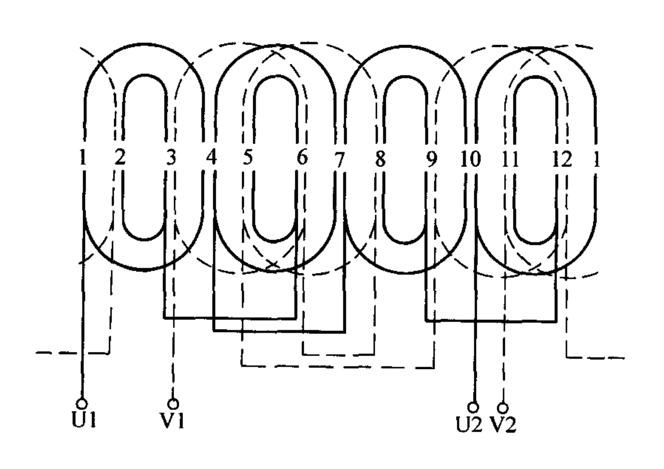


图 1-15　2/1 型正弦绕组
($Q_1=12$, $2p=4$)

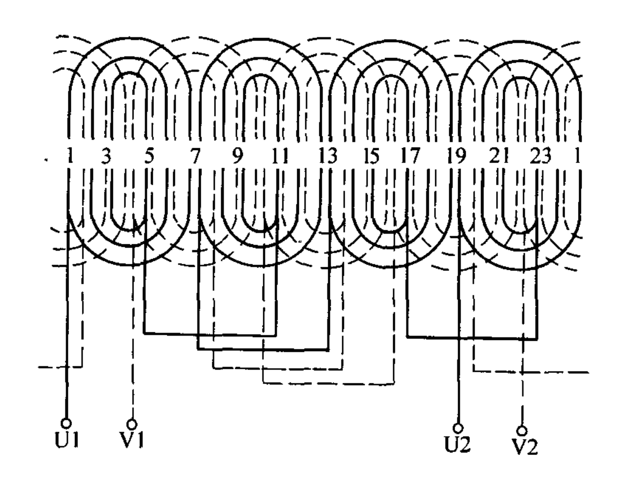


图 1-16　3/3 型正弦绕组
($Q_1=24$, $2p=4$)

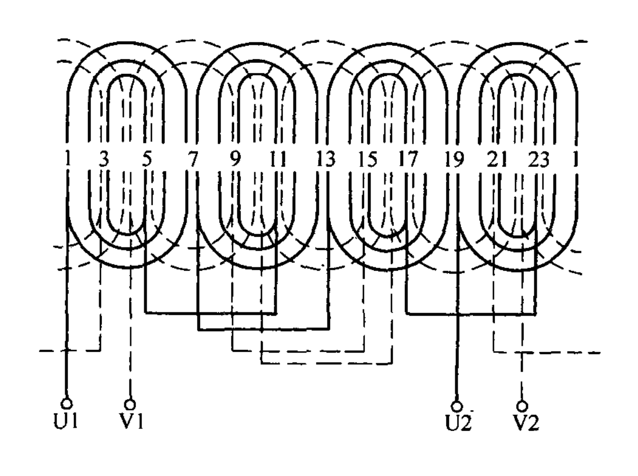


图 1-17　3/2 型正弦绕组
($Q_1=24$, $2p=4$)

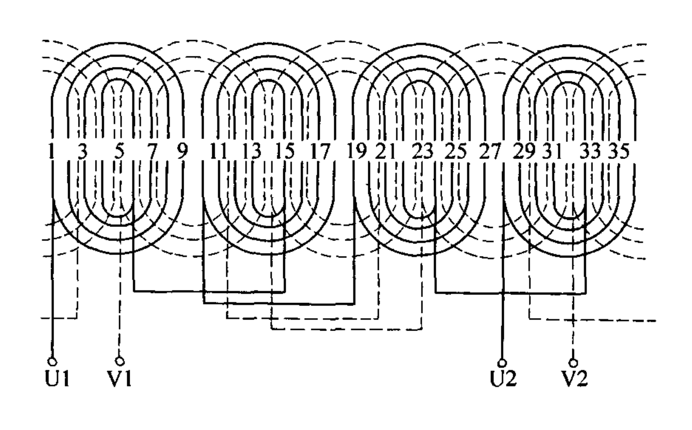


图 1-18　4/3 型正弦绕组
($Q_1=36$, $2p=4$)

(3) 正弦绕组的安排与选择　正弦绕组的导线匝数分布可用计算法或查表法确定，表 1-7 是常用的正弦绕组分布方案。对于同一铁心，正弦绕组有两种类

型的多种分布方案。图 1-19 是每极槽数为 6 时 A 类和 B 类的布线型式。

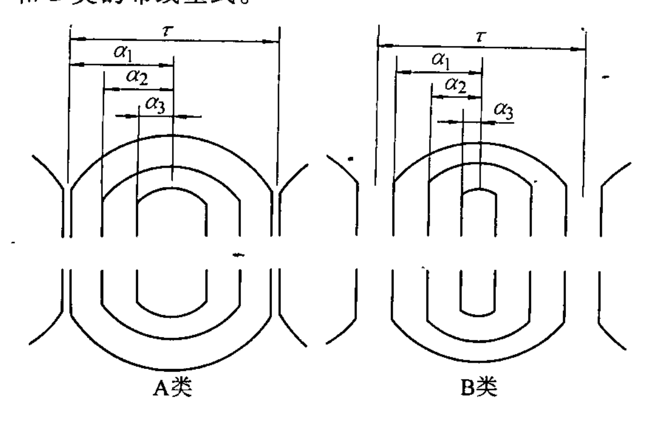


图 1-19　每极槽数为 6 时的正弦绕组分布方案

A 类的特点是：

1）线圈的最大节距等于极距；

2）各线圈匝数不等，节距越大的匝数越多，但最大线圈匝数为该槽导线数的一半。

B 类的特点是：

1）线圈的最大节距小于极距；

2）各线圈匝数不等，节距越大其匝数也越多。

但是，无论 A 或 B 类，都可以根据不同的槽导体分配情况简化成多种方案。例如，表 1-7 中，每极槽数为 6 时有 4 种方案可供选择。一般来说，在同类型中，每极线圈所占槽数越多，绕组系数越小，谐波强度也越小，使气隙磁势波形接近于正弦形，就此而言，则方案 4、6 比方案 3、5 好。但是，削弱谐波磁势所付出的代价是电磁线用量的增加。此外，简化后的方案可使绕组系数提高的同时将线圈制作和绕组接线简化。对线圈所占槽数相等的不同类型绕组，则 A 类的绕组系数稍高于 B 类，且削减谐波的效果更好，但用料则有增加。所以，实际选用时需根据具体要求确定。通常，对电容电动机的主、副绕组多选用相同的分布方案；分相电动机的主绕组是长期运行的，故多选每极线圈占槽较多的方案，而副绕组不参与工作，宜用简化方案。此外，当核算槽满率不理想时，可调整方案重算，直至取得满意效果为止。

实例　某分相电动机，定子槽数 $Q_1=24$、$2p=4$，主绕组每极 224 匝，线径 $\phi0.53$mm；副绕组每极 124 匝，线径 $\phi0.33$mm。

表 1-7　正弦绕组分布方案

方案序号	每极槽数	每极每槽导体数百分比（%）																			平均节距 y_p	基波绕组系数 K_{dp1}
		槽号																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
1	3	50	50	50	50																2	0.75
2	4	41.4	58.6		58.6	41.4															2.83	0.828
3		57.7	42.3			42.3	57.7														4.15	0.856
4		50	36.6	13.4	13.4	36.0	50														3.73	0.776
5	6	36.6	63.4				63.4	36.6													4.73	0.915
6		26.8	46.4	26.8		26.8	46.4	26.8													4	0.804
7		54.2	45.8					45.8	54.2												6.08	0.912
8		41.1	35.1	23.8			23.8	35.1	41.1												5.36	0.827
9	8	35.2	64.8						64.8	35.2											6.7	0.95
10		23.5	43.4	33.1				33.1	43.4	23.5											5.81	0.87
11		19.9	36.8	28	15.3		15.3	28	36.8	19.9											5.23	0.796
12		34.7	65.3							65.3	34.7										7.69	0.96
13		22.7	42.6	34.7					34.7	42.6	22.7										6.76	0.893
14		18.5	34.7	28.3	18.5			18.5	28.3	34.7	18.5										6.06	0.82
15	9	52.2	47.8						47.8	52.2											7.05	0.928
16		39.5	34.8	25.7				25.7	34.8	39.5											6.28	0.856
17		34.6	30.6	22.7	12.1		12.1	22.7	30.6	34.6											5.75	0.793

（续）

方案序号	每极槽数	每极每槽导体数百分比（%）																			平均节距 y_p	基波绕组系数 K_{dp1}
		槽号																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
18		51.8	48.2									48.2	51.8								10.04	0.959
19		36.6	34.1	29.3							29.3	34.1	36.6								9.15	0.91
20		29.9	27.8	24	18.3					18.3	24	27.8	29.9								8.39	0.855
21		26.8	25	21.4	16.5	10.3			10.3	16.5	21.4	25	26.8								7.83	0.806
22		25.9	24.1	20.7	15.9	10	3.4	3.4	10	15.9	20.7	24.1	25.9								7.59	0.783
23	12	34.1	65.9										65.9	34.1							10.68	0.978
24		21.4	41.4	37.2								37.2	41.4	21.4							9.68	0.936
25		16.4	31.8	28.5	23.3						23.3	28.5	31.8	16.4							8.83	0.883
26		14.1	27.3	24.5	20	14.1				14.1	20	24.5	27.3	14.1							8.15	0.829
27		13.2	25.4	22.8	18.6	13.2	6.8		6.8	13.2	18.6	22.8	25.4	13.2							7.73	0.79
28		35.1	33.8	31.1											31.1	33.8	35.1				13.08	0.947
29		27.6	26.5	24.5	21.4									21.4	24.5	26.5	27.6				12.21	0.91
30		23.5	22.6	20.8	18.2	14.9							14.9	18.2	20.8	22.6	23.5				11.43	0.869
31		21.1	20.4	18.7	16.4	13.4	10					10	13.4	16.4	18.7	20.4	21.1				10.79	0.829
32		19.9	19.2	17.6	15.4	12.7	9.4	5.8			5.8	9.4	12.7	15.4	17.6	19.2	19.9				10.34	0.798
33	16	20.8	40.8	38.4												38.4	40.8	20.8			13.65	0.963
34		15.5	30.3	28.5	25.7										25.7	28.5	30.3	15.5			12.71	0.929
35		12.7	24.9	23.4	21.1	17.9								17.9	21.1	23.4	24.9	12.7			11.87	0.889
36		11.1	21.8	20.5	18.5	15.7	12.4						12.4	15.7	18.5	20.5	21.8	11.1			11.14	0.848
37		10.3	20	18.9	17.2	14.4	11.3	7.9				7.9	11.3	14.4	17.2	18.9	20	10.3			10.58	0.812
38		27	26.2	24.6	22.2											22.2	24.6	26.2	27		14.16	0.927
39		22.7	22	20.6	18.6	16.1									16.1	18.6	20.6	22	22.7		13.36	0.892
40		20.1	19.5	18.2	16.5	14.2	11.5							11.5	14.2	16.5	18.2	19.5	20.1		12.61	0.855
41	18	18.5	17.9	16.8	15.2	13.2	10.6	7.8					7.8	10.6	13.2	15.2	16.8	17.9	18.5		12.01	0.821
42		17.6	17.1	16	14.5	12.5	10.2	7.5	4.6			4.6	7.5	10.2	12.5	14.5	16	17.1	17.6		11.58	0.795
43		15.2	29.9	28.6	26.3												26.3	28.6	29.9	15.2	14.68	0.943
44		12.3	24.3	23.2	21.3	18.9										18.9	21.3	23.2	24.3	12.3	13.8	0.91
45		10.6	20.9	20	18.4	16.4	13.7								13.7	16.4	18.4	20	20.9	10.6	13	0.873
46		9.6	18.9	18.1	16.7	14.7	12.4	9.6						9.6	12.4	14.7	16.7	18.1	18.9	9.6	12.38	0.837
47		9	17.8	17	15.7	13.8	11.6	9	6.1				6.1	9	11.6	13.8	15.7	17	17.8	9	11.83	0.806

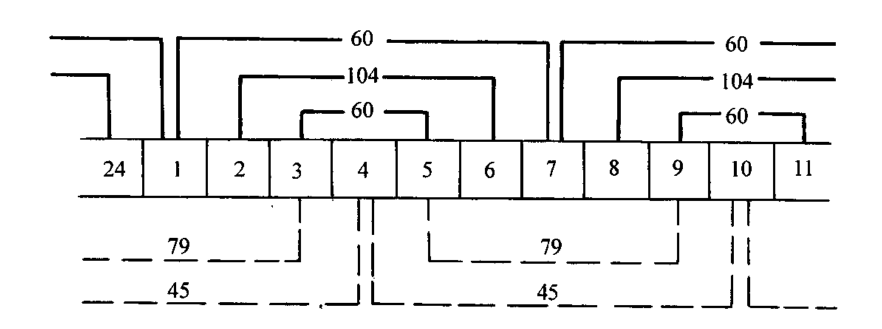


图 1-20　正弦绕组布线方案实例

（$Q_1=24$，$2p=4$，3/2 型）

每极槽数　$Q_p=\frac{Q_1}{2p}=\frac{24}{4}=6$（槽）

查表 1-7 有 4 种方案，为使气隙磁势获得较理想状态，主绕组选用方案 6；副绕组选用方案 5，将副绕组错开 90°空间排列，得绕组分布型式如下（参见图 1-20）：

主绕组各线圈匝数为：

$N_{1-7}=224\times26.8\%=60$ 匝

$N_{2-6}=224\times46.4\%=104$ 匝

$N_{3-5}=224\times26.8\%=60$ 匝

副绕组线圈匝数为：

$N_{4-10}=N_{1-7}=124\times36.6\%=45$ 匝

$N_{5-9}=N_{2-6}=124\times63.4\%=79$ 匝

然后，根据各槽实际导体数及线径进行槽满率验算，以确定所选方案的可行性。

4. 一般用途单相电动机的技术数据

1）JX 系列单相电容运转异步电动机性能及铁心、绕组数据见附录附表 1-1。

2）JY 系列单相电容起动异步电动机性能及铁心、绕组数据见附录附表 1-2。

3）JZ 系列单相电阻起动异步电动机性能及铁心、绕组数据见附录附表 1-3。

4）BO 系列单相电阻起动异步电动机性能及铁心、绕组数据见附录附表 1-4。

5）CO 系列单相电容起动异步电动机性能及铁心、绕组数据见附录附表 1-5。

6）DO 系列单相电容运转异步电动机性能及铁心、绕组数据见附录附表 1-6。

7）BO2 系列单相电阻起动异步电动机性能及铁心、绕组数据见附录附表 1-7。

8）CO2 系列单相电容起动异步电动机性能及铁心、绕组数据见附录附表 1-8。

9）DO2 系列单相电容运转异步电动机性能及铁心、绕组数据见附录附表 1-9。

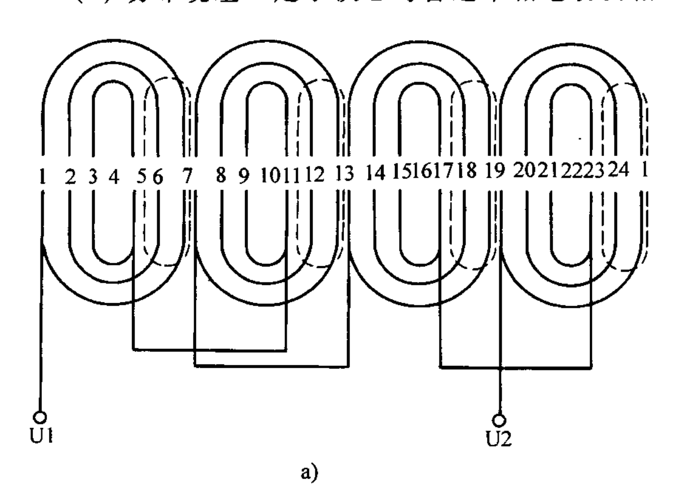
10）YC 系列单相电容起动异步电动机技术数据见附录附表 1-10。

（二）单相罩极电动机绕组布线型式与技术数据

1. 绕组型式

（1）集中绕组　集中绕组是罩极电动机的典型绕组型式。其结构参见图 1-3 所示。

（2）分布绕组　定子铁心与普通单相电动机相



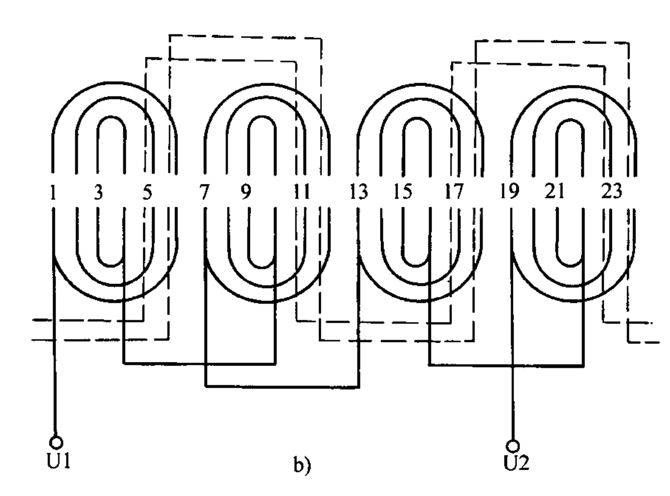


图 1-21　分布式绕组的罩极电动机

（$Q_1=24$，$2p=4$）

a）自行短路罩极　b）串联闭合罩极

同，副绕组和主绕组分别嵌于槽中。主绕组的布线型式同一般用途单相电动机，而且常采用正弦绕组；副绕组是罩极绕组，为 1 至数匝，实用上有两种型式：一种是每极匝数自行短路，如图 1-21a 所示；另一种匝数采用串联闭合，如图 1-21b 所示。

分布式罩极绕组目前应用于单相鼓风机专用电动机。

（3）框架式绕组　这种型式只应用于 2 极小功率电机中。定子只有一只绕组，转子可以是鼠笼式或金属盘，其结构如图 1-22 及 1-23 所示。

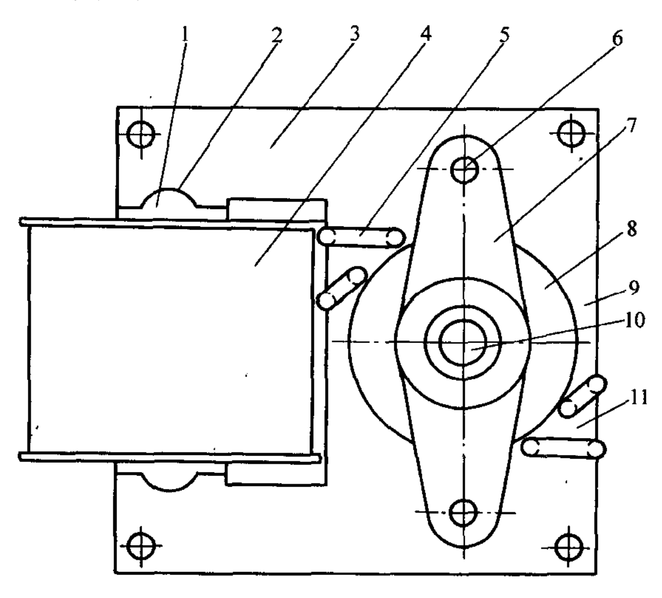


图 1-22　框架式罩极电动机结构

1—铁心柱　2—铁心柱接合端　3—定子铁轭　4—励磁绕组　5—罩极线圈　6—轴承支架螺钉　7—轴承支架　8—转子　9—定子铁心　10—转轴　11—罩极部分

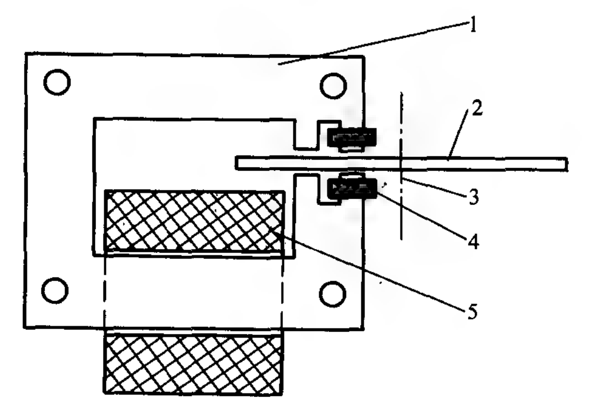


图 1-23　圆盘转子框架式罩极电动机

1—定子铁心　2—金属圆盘（转子）　3—圆盘轴心　4—罩极线圈（短路环）　5—定子绕组

2. 罩极电动机技术数据

LQG 系列单相罩极异步电动机性能参数见表 1-8。

表 1-8　LQG 系列单相罩极异步电动机性能参数表（220V50Hz）

型号	输入功率/W	输出功率/W	额定数据				
			电流/A	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	转矩/(N·m)
LQG-5	5	0.5	0.06	2500	10	0.38	200
LQG-8	8	1.0	0.09		12.5	0.40	400
LQG-13	13	1.5	0.12		11.5	0.49	600
LQG-15	15	2.0	0.13		13.3	0.52	800
LQG-18	18	2.5	0.15		13.9	0.55	1000
LQG-22	22	3.5	0.16		15.9	0.63	1400
LQG-30	30	5.0	0.18		16.7	0.76	2000

（三）单相串励电动机的绕组及技术数据

1. 绕组型式

单相串励电动机的定子通常都采用凸极式集中绕组，转子电枢是一个不同于交流定子绕组的单叠绕组，它与直流电机的单枢相同，每一线圈的头和尾都分别焊于相邻两换向片上。

2. 性能特点和绕组数据

单相串励电动机具有较大的堵转转矩和过载能力，并且转速随负载或端电压变化而改变。U 型及 G 型单相串励电动机系列产品的铁心、绕组数据见附录附表 1-11 和 1-12；SU 型交直流两用串励电动机铁心、绕组数据见附录附表 1-13；G 新系列单相串励电动机铁心、绕组数据见附录附表 1-15。

三、家用电器电动机的性能、结构特点与技术数据

（一）电风扇电动机

1. 电风扇结构及其电机的特点

目前家用电风扇的种类、牌号繁多，并趋向新造型、多功能发展。按主要结构及使用特征粗分为台扇、换气扇、鸿运扇及吊扇等几种。

电风扇电动机通常制成防护式、封闭式。常见台扇以风叶边端部旋转时所形成圆周的直径分为 200～400mm 五种规格，是电风扇家族中问世最早使用最多的一种。台扇电动机属专用电动机。它的外壳、端盖、定子、双轴伸长转轴转子、轴承等结构均有别于一般单相电机。

壁扇、顶扇、落地扇及座地扇属台扇的派生产品，仅安装使用场合不同。其电动机与台扇通用，一般与台扇具有相同功能，只是支承方式差异。顶扇则

另具轴向垂直面360°摇摆功能；落地扇可调节高低和地面移动。

换气扇又称排气扇，其型式有开敞式、自启百页窗式和轴流式等。它的电动机多制成单轴伸封闭式。高级换气扇还具有调速、双向旋转或转摆角度等功能。

脱排油烟机本属换气扇品种，电动机常采用换气扇电动机，只是风叶造型不同。

鸿运扇又称转页扇，由箱式风扇改进而成，是近年崛起的一种新颖结构的电扇新系列品种。它的造型独特，装饰性强，吹风柔和；它的摇摆功能以转盘结构代替，风叶则一反常规装在电动机后面，有利电机散热冷却。转盘的旋转是靠高速气流通过转盘上许多不同角度的斜页片产生推力，以及转盘轴心摩擦离合可调装置达到慢转速；也有采用一只小永磁同步电动机经变速齿轮啮合转盘边缘的大齿轮作慢速旋转。转盘可双向变换，并可调控旋转90°、180°、360°循回。

鸿运扇电机也属专用电动机。它采用扁铁心定子、单轴伸转子、封闭式四极单相电动机。驱动转盘的单相永磁同步电动机一般输出功率为3W，电动机为12极，转子采用永久磁钢，转速为500r/min，经二级变速输出为30r/min，再经齿轮传动变速使转盘恒速为4～6r/min。电动机可双向运转。

吊扇一般用于较大面积室内。常见规格有900～1500mm五种。其特点是转速慢、风叶长、旋转圆周直径大，相对台扇而言，风量却大得多。例如，54W、350mm（14英寸）台扇风量约46m³/min，而50W、900mm（36英寸）吊扇风量可达140m³/min，即一台吊扇相当于三台台扇的效果。

吊扇电动机也属专用电动机。一般均为封闭式、多极（12～18）、低速、外转子、轴中心悬挂结构的特殊型式。电动机又分罩极、电容两种类型。

2. 电风扇电动机的绕组及接线

（1）电风扇电动机的罩极式绕组　罩极式台扇电动机均采用集中绕组，通常为四极，也有少量二极或六极的。为了获得不同极性，相邻线圈是同极性串联，即头与头、尾与尾相接，如图1-24所示。

罩极式吊扇电动机的接线规律与台扇相同，但极数较多。有时也采用隐极接法，即线圈数为极数的一半，而且所有线圈均是顺接串联，如图1-25所示。

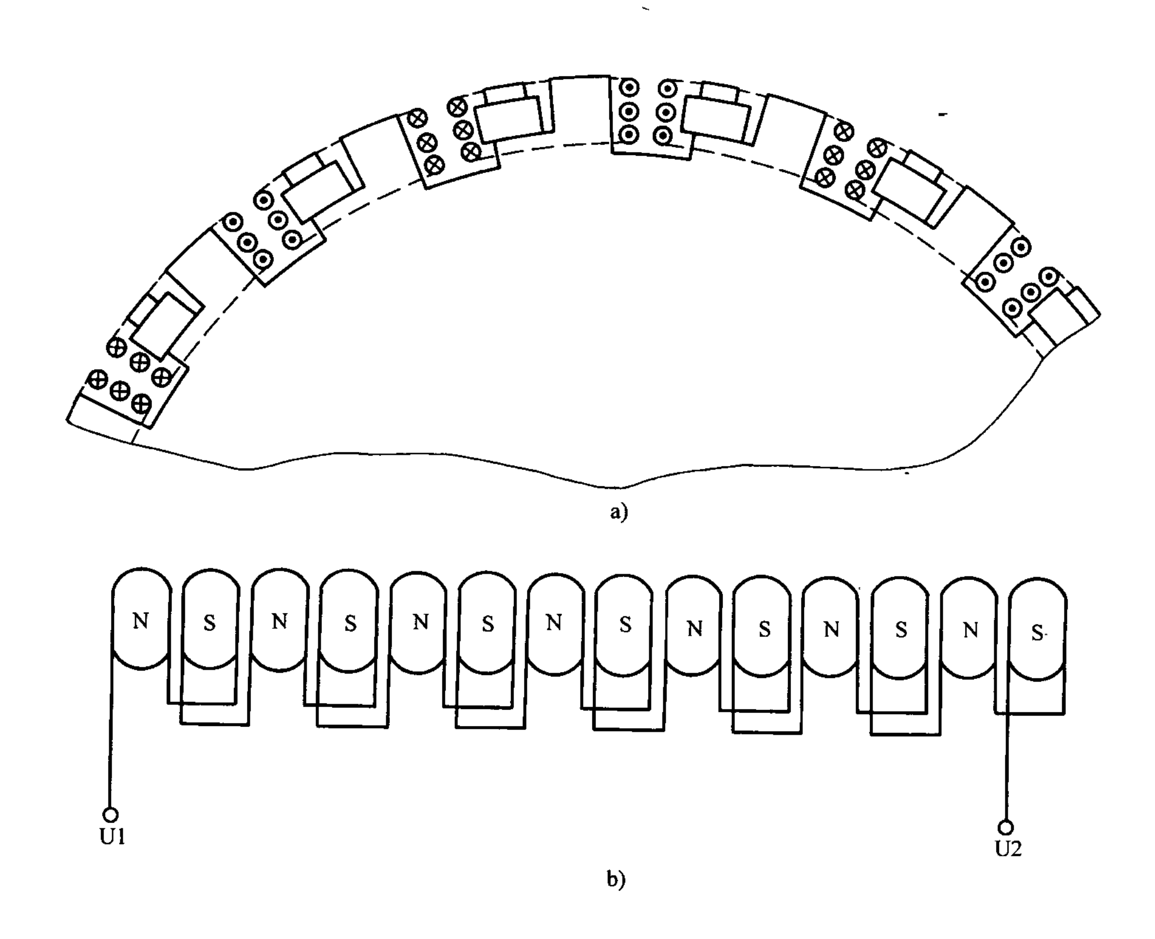


图1-24　罩极式吊扇电动机绕组

a）罩极式吊扇显极绕组布线　b）14极吊扇电动机显极绕组接线

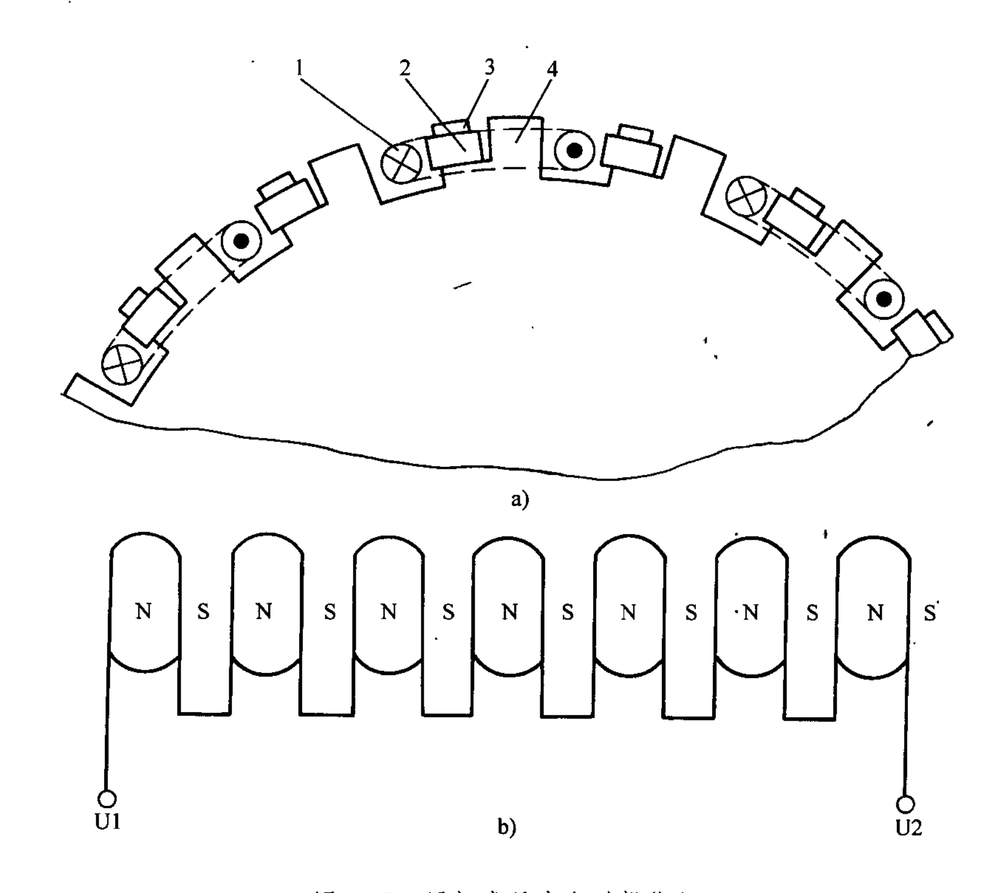


图 1-25　罩极式吊扇电动机绕组

a）罩极式吊扇的隐极式布线（局部）　b）14 极吊扇电动机隐极绕组接线

1—隐极线圈　2—罩极线圈　3—磁极被罩部分　4—磁极未罩部分

（2）电风扇电动机的电容式绕组　因电容式电扇较罩极式具有诸多优点，所以目前台式电风扇大多数采用电容式电动机。电容式台扇通常有两种（8、16）槽数的铁心，图 1-26 是 8 槽的定子绕组布线、接线图。它采用双层叠绕，线圈节距是 2（1 ~ 3），每槽有两只线圈边，故上下层要加强绝缘，同相相邻线圈的接法是头与头、尾与尾相接。图 1-27 是 16 槽定子绕组的布线、接线图，接法与上述相同，但它的嵌线方式有两种，将在绕组修理中介绍。

目前电容式吊扇都采用 14 极至 18 极的外转子结构。双层绕组显极接线时，它的线圈数等于极数，同相的相邻线圈的接法是头与头、尾与尾相接，如图 1-28a 所示。单层绕组庶极接线时，线圈数是极数的一半，同相的相邻线圈是尾与头接，如图 1-28b 所示。

3. 电风扇电动机的规格及技术数据

罩极式台扇、吊扇电动机的铁心、绕组数据见附录附表 1-14；电容式台扇、吊扇电动机的铁心、绕组数据见附录附表 1-16 ~ 1-17；电容式落地扇、座地扇、壁扇电动机铁心、绕组数据见附录附表 1-18；电容式顶扇、排气扇电动机铁心、绕组数据见附录附表 1-19；鸿运扇及交直流两用串励式台扇电动机绕组部分数据见附录附表 1-20。

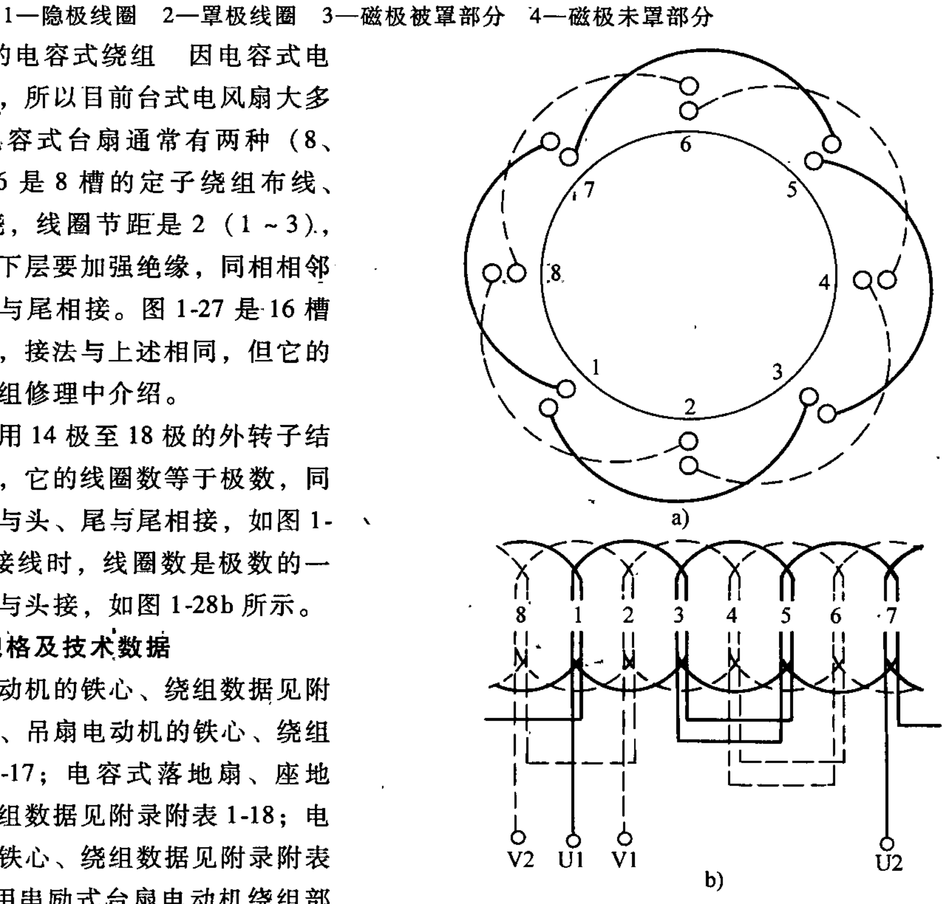


图 1-26　8 槽四极电容式电扇电动机绕组

a）绕组布线　b）绕组接线

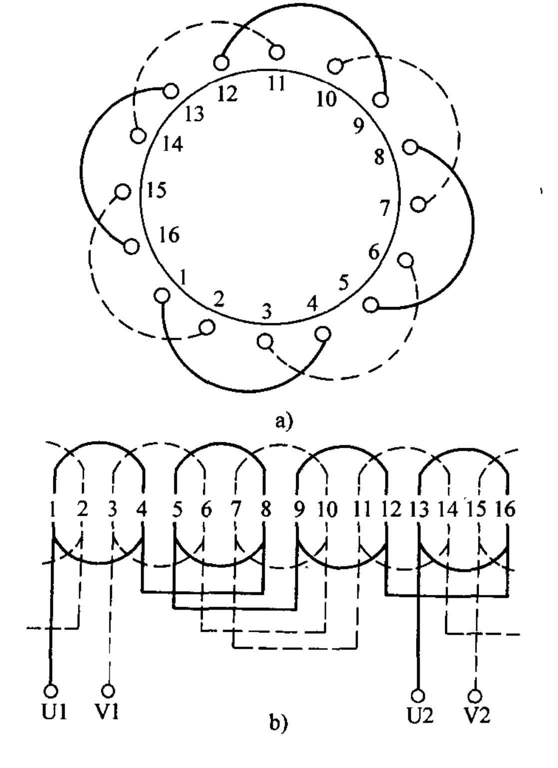


图 1-27　16 槽四极电容式电扇电动机绕组

a）绕组布线　b）绕组接线

4. 电风扇调速及调速电抗器技术数据

电风扇负载特性是随转速降低而减小，又因电扇用单相异步电动机具有较软的机械特性，即转矩与外施电压的平方成正比。所以电风扇的调速可通过改变电动机绕组的电压来实现，它比其他交流异步电动机调速容易解决。

一般台扇都设计成三档转速。“标准”规定电容式台扇的慢档转速为快档的 70%；罩极式台扇的慢档转速为快档的 80%。对中档转速没有具体规定，只要求与快、慢档有较明显的区别即可。吊扇则常分五档或七档转速。

电风扇调速有五种方法：

（1）电抗器调速　电抗器调速是将电抗器线圈串入电动机绕组，使绕组的工作电压降低，输出功率也随之下降，遂使电动机转速降低，达到调节电扇风量的目的。

电抗器由硅钢片铁心、线圈及框架组成。常用的冲片有方形（E 形）和圆形（O 形）两种型式，如图 1-29 所示。电抗器接线一般与罩极式电扇电动机绕组串联；电容式电扇电动机则串接在副绕组回路上，如图 1-30 所示。

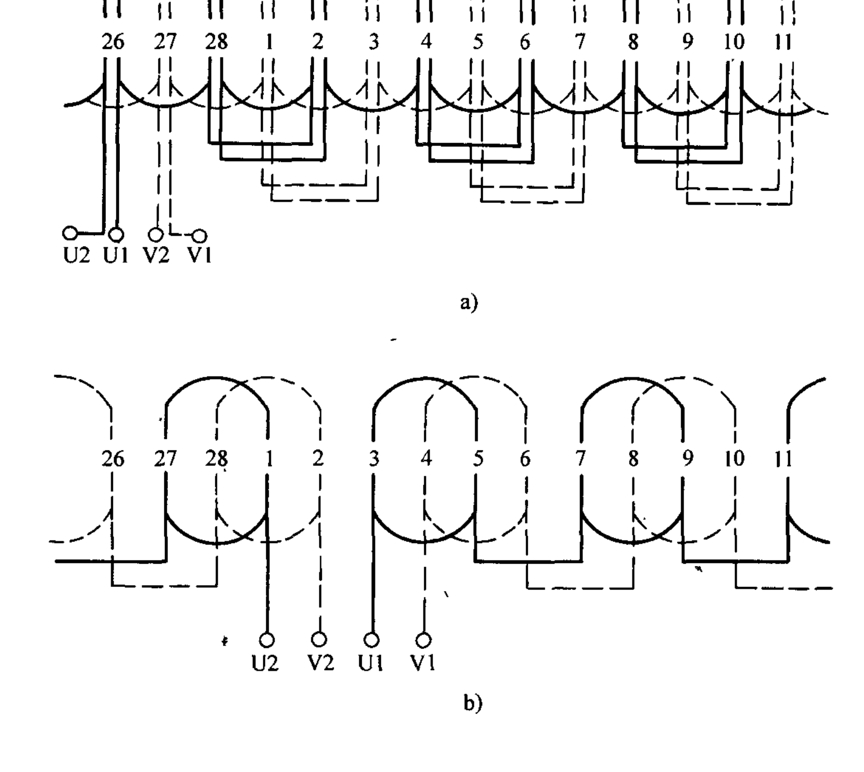
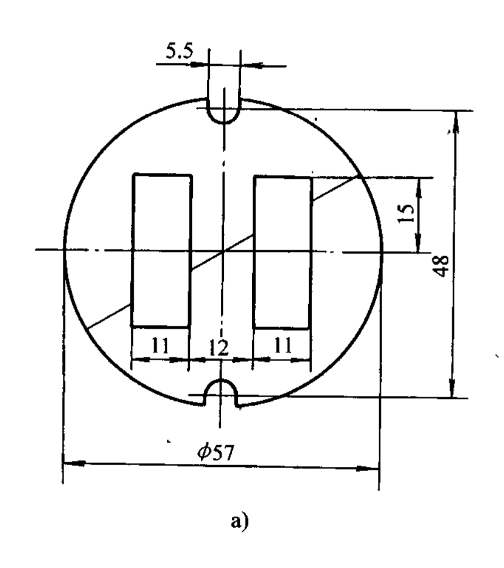


图 1-28　28 槽 14 极电容式吊扇电动机绕组

a）显极接法（局部）　b）隐极接法（局部）



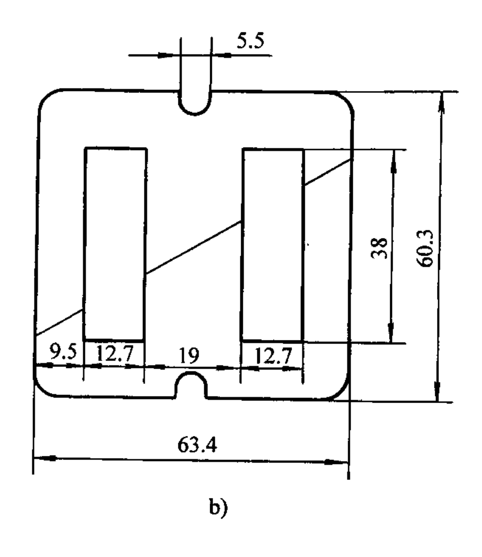


图 1-29　电风扇调速用电抗器铁心冲片
a) O形　b) E形

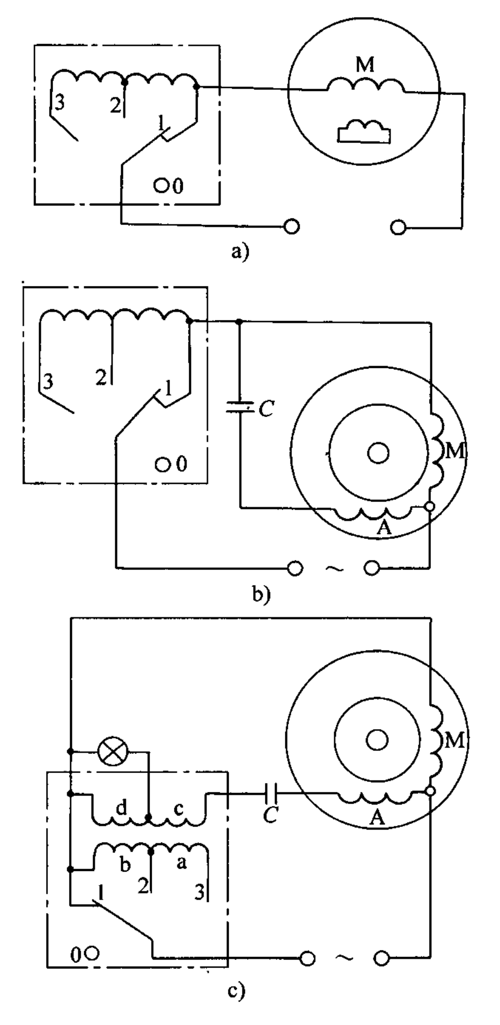


图 1-30　电风扇电动机的电抗器调速接线
a) 罩极式电扇接线　b) 电容式电扇接线
c) 电容式电扇有指示灯接线
0—停止档　1—高速档
2—中速档　3—低速档
C—电容器　M　主绕组　A—副绕组

调速电抗器的规格、接线方式很多，分台扇、吊扇用；分电容式、罩极式电扇用；也有带指示灯和不带指示灯区别。一般习惯上电扇的第“1”档为高速档，依档序逐级降速，最后档即最低速档或微风档。常见的几种电抗器绕组接线图以及它的铁心、绕组数据可参见附录附表 1-21。

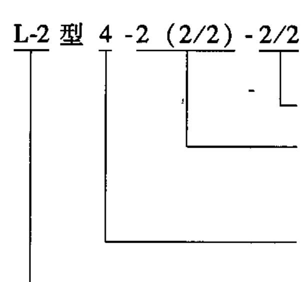
(2) 自耦变压器调速　自耦变压器调速原理与电抗器基本相同，它比电抗器所耗用的材料较多，但起动性能有较大的改善。它的接线有三种方式，如图 1-31 所示。图 a 的特点是只改变主绕组工作电压；图 b 是主绕组回路的工作电压在不同转速时变化较大；图 c 接法可使主、副绕组回路电压始终相同。

(3) 电容器调速　电容器调速是将不同容量的电容器与电扇电动机串联，使回路感抗与容抗的差值变化，使工作电流改变达到调速的目的。电扇电容器调速接线如图 1-32 所示。

(4) 电动机绕组抽头调速　抽头调速相当于把电抗器线圈嵌入定子槽内作为绕组的一部分，称为调速绕组。因为它在调速过程中有时处于主绕组位置，有时作为副绕组，故又称为中间绕组。抽头调速一般用于四极电容式或罩极式台扇，将调速绕组改换抽头或增减匝数，以改变定子磁场强弱来达到调速目的。

抽头调速有如下五种接线：

1) 罩极式台扇电动机抽头调速。罩极式台扇的抽头调速较简单，它是在定子绕组外加绕调速用串联绕组，以增加励磁绕组阻抗，再将抽头接入调速开关，如图 1-33 所示。



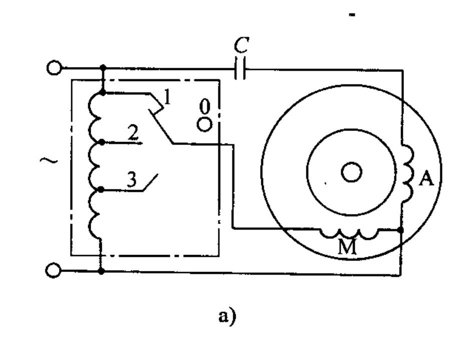
L-2型 4 -2（2/2）-2/2

代表调速绕组布线。分母表示分数圈（即占 1/2 槽的线圈）；分子表示分数圈数目

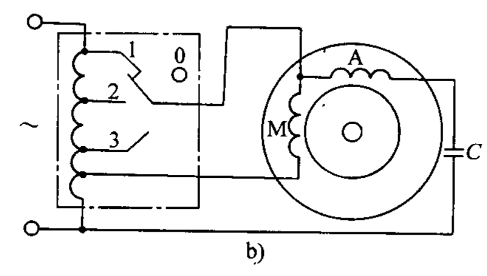
代表副绕组布线。整数表示整圈；分母表示分数圈，分子表示分数圈数目。上例即副绕组由 2 只整圈（单层）和 2 只占半（1/2）槽的线圈组成

代表主绕组布线。上例为主绕组由 4 只整圈组成

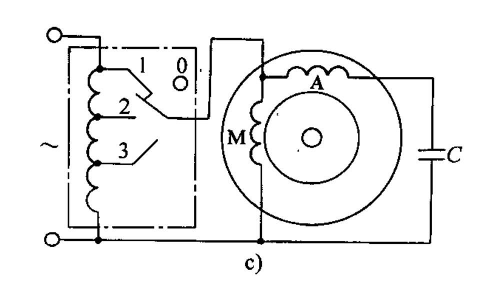
代表调速绕组接线型式（如 L-1、L-2、L-1/2、T、ϕ、h 型等）



a)



b)



c)

图 1-31　电扇自耦变压器调速接线

M—主绕组　A—辅绕组

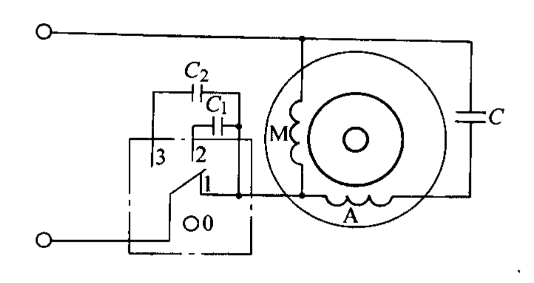


图 1-32　电扇电容器调速接线

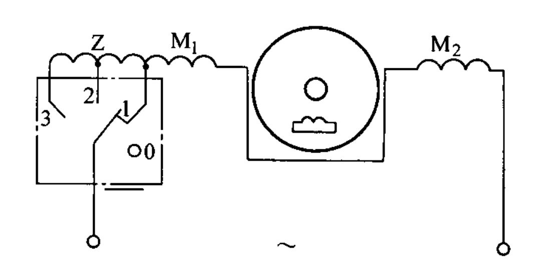


图 1-33　罩极式电扇抽头调速接线

M_1、M_2—主绕组

Z—调速绕组

2）L-1 型抽头调速。常用于电容式台扇，绕组接线如图 1-34a 所示。其特点是调速绕组与主绕组在空间上同相位，并与主绕组串联。调整抽头增加主绕组匝数时，主、副绕组有效匝比 K 减少，导致输出转矩减小，电机转速相应变慢。

由于 L-1 型接线的合成电压较高，为了不致选用过高的电容器工作电压，以确保使用安全，通常只适用于 110V 低电压的电扇采用。

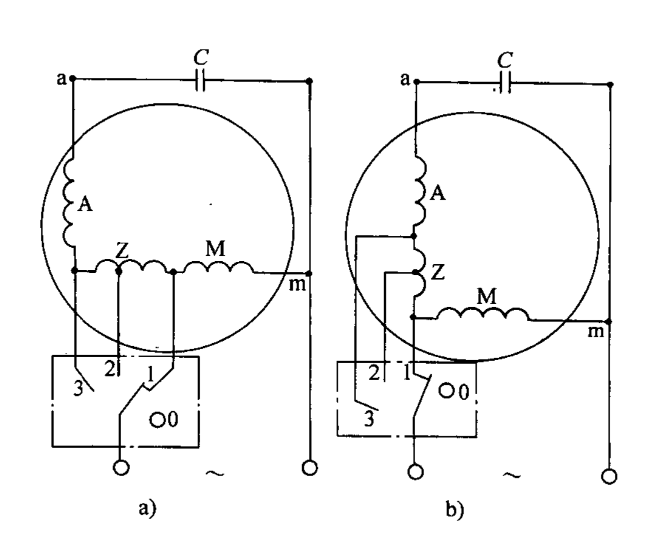


图 1-34　电容式电扇 L 型抽头调速接线

a）L-1 型　b）L-2 型

L-1 型四极电扇的布线，常用如图 1-35 所示的 4/2-4-4/2 布线型式，其中主绕组和调速绕组均分别由 4 只占槽为 1/2 的线圈组成；副绕组则由占槽为 1（分母为 1）的 4 只线圈组成。

3）L-2 型抽头调速　调速绕组接线如图 1-34b，它在空间上与副绕组同相位，快档时将全部调速绕组串入副绕组；慢档时则把全部调速绕组串入主绕组；中速档则把调速绕组折半分别串入主副绕组。由于调速绕组嵌于副绕组槽内，槽满率略低于 L-1 型接法，而且合成电压较低，故在 220V 电扇调速中应用较多。

16 槽或 8 槽定子的四极电扇常用的 L-2 型抽头调速四极电容式电扇电动机绕组布线如图 1-36 所示。一般可分 12 只、10 只或 8 只线圈的几种布线型式。

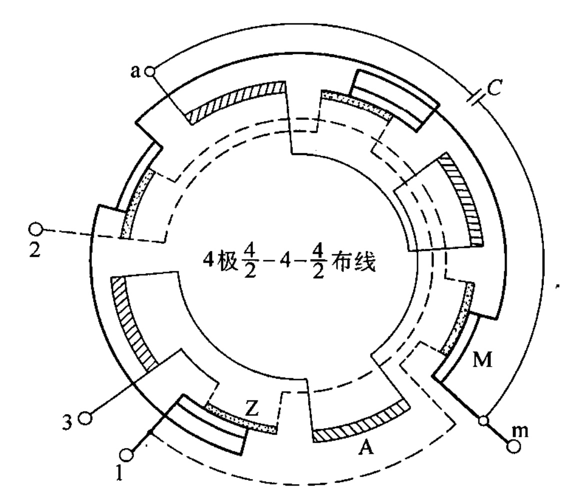


图 1-35　L-1 型接法四极电扇三速绕组布线

图 1-36　四极电扇抽头调速绕组 L-2 型布线接线

a）12 只线圈三速绕组接线　b）10 只线圈三速绕组接线　c）8 只线圈双速绕组接线　d）12 只线圈三速绕组均匀调速接线

图 a）是由 4 只主绕组大线圈、4 只调速绕组小线圈和 4 只副绕组小线圈组成的 4-4/2-4/2 布线，图 b）是 4-2-2/2-2/2 布线，其中调速绕组只有 2 只小线圈，副绕组则由 2 只大线圈和 2 只小线圈组成；图 c）是 8 只大线圈的 4-2-2 布线；图 d）则是为了增大快、中档转速变化率、使档次调速均匀的不对称接线法。它从磁场来说虽是不均匀的，但从三档转速来看则是均匀的。所以属特殊布线接线法。

4）T 型抽头调速　T 型接法如图 1-37 所示。其调速接线接近于电抗器调速，调速绕组接在主、副绕组公共点外，并与公共点连接，空间上可与主绕组或副绕组同相位，也可以同时分嵌于主、副绕组槽内。

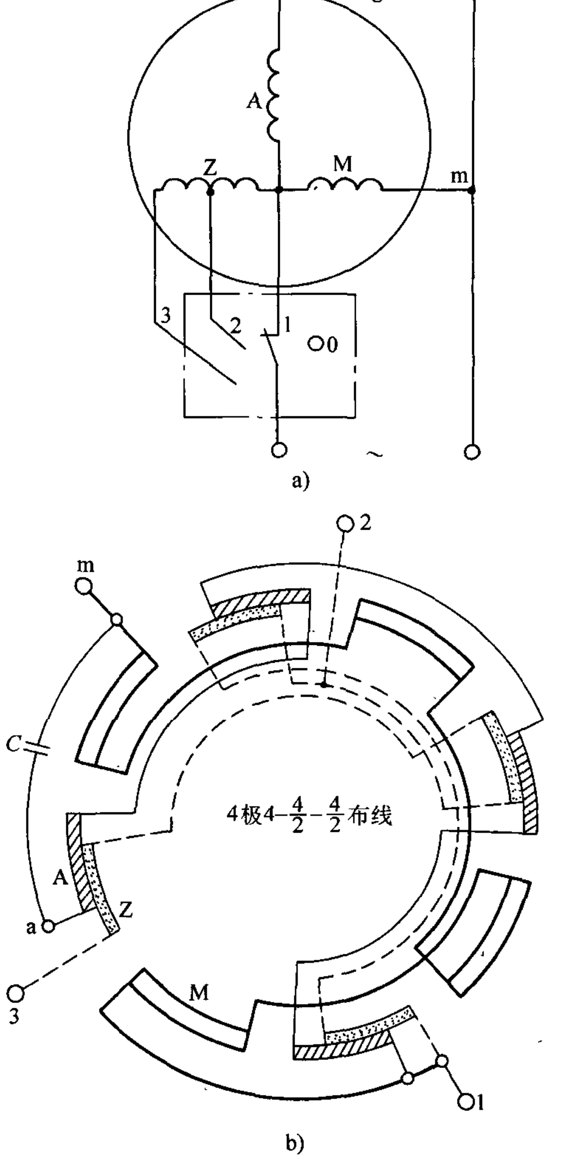


图 1-37　四极电扇 T 型抽头调速绕组布线接线
a）接线　b）布线接线

5）串并联抽头调速　上述抽头调速的缺点是处于相同空间位置的绕组，在变档时会出现不同相位的电流，采用图 1-38 的串并联抽头调速可克服这种弊端。其线路特点是调速绕组与主绕组的匝数相等，且在空间上同相。高速时调速绕组与主绕组并联；中速时部分调速绕组串入主绕组；低速时则全部调速绕组串入主绕组。这种调速性能优缺点是：

① 调速比大。当调速绕组与主绕组选用相同线径，低速档时主相（串联）绕组是副绕组电阻值的 4 倍；

② 各档位中流经主绕组和调速绕组的电流都同相位，因而能使各档位都具有近于圆形磁场；

③ 低速档的起动转矩较大，从而克服了其他调速线路在低速档起动困难的缺点；

④ 电动机绕组的引出线增多，换档线路较复杂，需要特殊的控制开关。

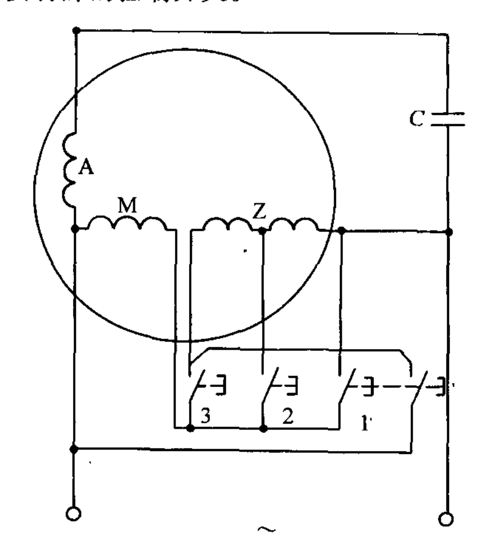


图 1-38　电容式电扇串并联
抽头调速绕组接线

（5）交流可控硅调速　它是利用双向晶闸管的电压导通可调特性来实现调速的。其接线如图 1-39 所示。接通交流电源后，电扇电动机负载电流经双向晶闸管 VT 和电感 L 通过。当双向二极管 VD 在外加电压达到一定值时，输出的交流脉冲触发 VT 而导通，调整电位器 R 便可改变电容器 C 的充放电速度，使主回路电压改变，从而达到电扇调压变速的目的。

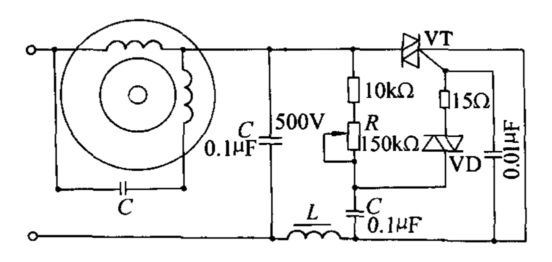


图 1-39　单相交流电扇晶闸管调速线路

这种调速的优缺点是，调速方便，可达到无级调速；由于串入主回路的电感 L 可抑制射频干扰，所以对

其他家用电器产生的噪声等干扰也较小，但成本较高。

（二）电冰箱电动机

1. 电冰箱的类型

电冰箱类型有吸收式、半导体致冷式和压缩式等。

（1）吸收式　其制冷原理是利用物理过程的“吸收”方式来实现冷冻循环，它不需用压缩机。目前还不能普及。

（2）晶体式　又称热电式晶体致冷。它是利用晶体的“珀耳帖”效应——热电偶温差效应制冷的。目前只应用于特种小型冰箱。

（3）压缩式　是利用液态氟利昂制冷剂通过压缩机组的“抽吸”与“压缩”功能，再经其他系统部件致冷循环。它制冷温度低，降温快，效率高，使用寿命较长，是目前应用最广泛的型式。近来国内外已改用其他制冷剂代替氟利昂，以减少环境污染和大气臭氧层破坏。

本小节着重介绍压缩式电冰箱的压缩机组电动机。

2. 压缩式电冰箱的主要结构

压缩式电冰箱主要由压缩机组、冷凝器、干燥过滤器、毛细管、蒸发器以及温控、电控部件等组成。压缩机组是制冷系统的心脏，它采用往复式或旋转式压缩机与电动机同轴连接密封安装在同一机壳内。为此，电动机设计成大直径、短铁心的专用结构型式。

3. 电冰箱电机的种类与性能特点

电冰箱所用电机随容积大小与功能不同而差异。一般电冰箱只具有一台压缩机组的电动机；双门、双温电冰箱还多一台冷风循环风扇电动机；而200L以上大容积双门、三门具有自动化霜与风扇冷却功能的高级电冰箱，则具有四台电动机——除压缩机组主电机外，还有冷风循环风扇电动机；自动化霜定时器电动机；冷凝器的风扇散热电动机。本小节只介绍压缩机组主电机，其他可参见电风扇电机和洗衣机电机中的定时器。

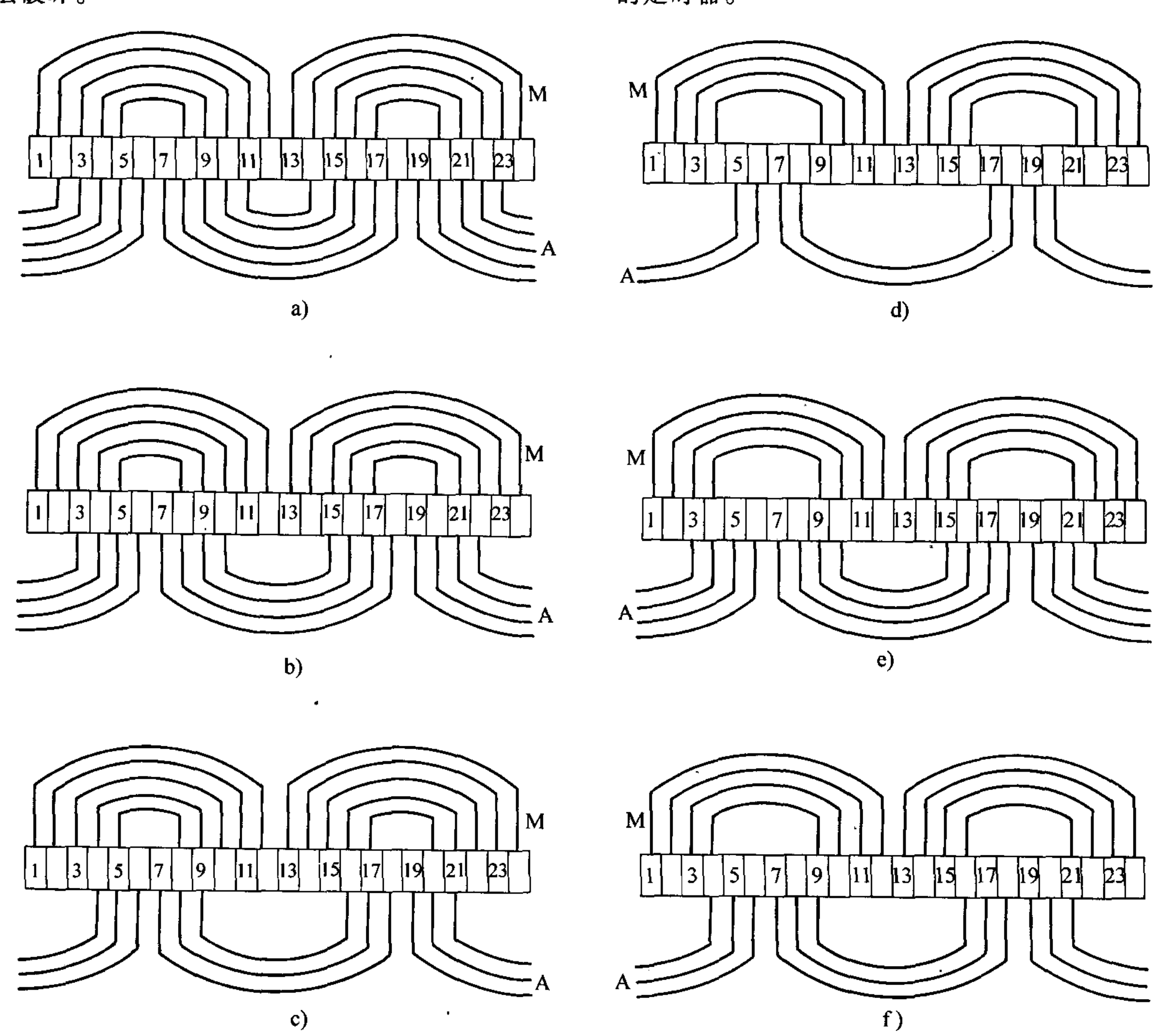


图1-40　电冰箱电动机常用绕组布线型式（二极，24槽定子）

M—主绕组　A—副绕组

a）5/5-B型布线　b）5/4-B型布线　c）5/3-B型布线　d）4/2-B型布线

e）4/4-B型布线　f）4/3-B型布线

电冰箱压缩机组的电动机多数采用电阻起动电动机，少量采用电容起动电动机。起动装置常用启动继电器或 PTC（正温度系数热敏电阻）元件。由于电动机须频繁间歇起动，使用环境又特殊，故对其性能有如下要求：

1）应有稳定的耐受制冷剂和润滑油的化学性能；

2）应能在不同负荷与大温差环境下正常起动、运转，所以要具有足够的起动转矩、制动转矩以及耐受过载、过热的能力；

3）运行中不能发生火花；

4）电动机应具有较好的绝缘性能，足以防锈、防水及防各种气体、污垢的性能；

5）电动机应有足够的机械强度，能耐受振动或偶然冲击；

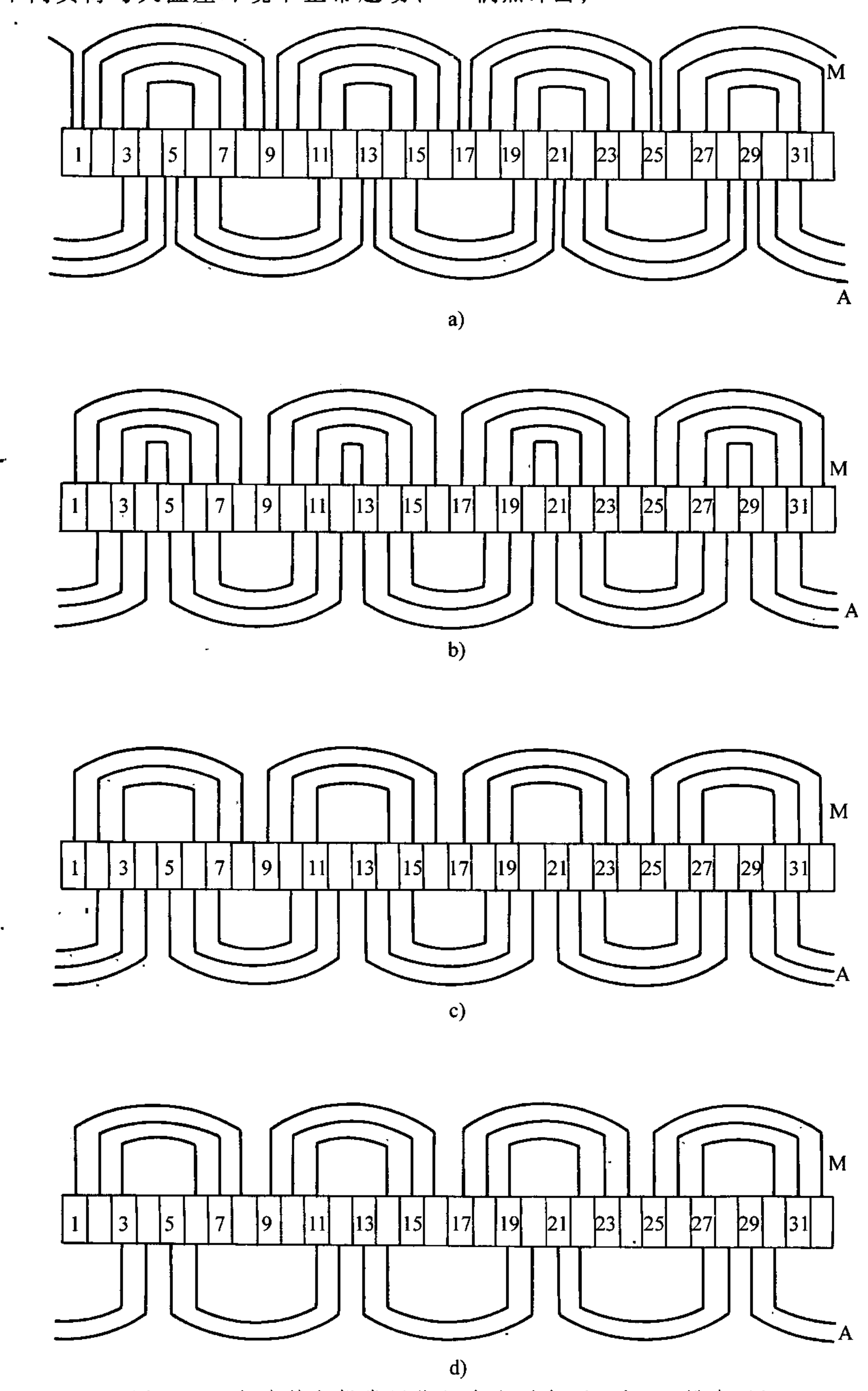


图 1-41　电冰箱电机常用绕组布线型式（四极 32 槽定子）

M—主绕组　A—副绕组

a）4/3-A 型布线　b）4/3-B 型布线　c）3/3-B 型布线　d）3/2-B 型布线

6）电动机输出功率要与压缩机需用功率匹配，使能发挥较高的效率和功率因数，又可节省能源。

4. 电冰箱电动机的绕组布线型式

为改善电动机的运行性能，电冰箱电动机一般都采用正弦绕组，它由不等匝数的同心线圈组成。线圈匝数的分布原理可参阅本节前文与图1-19。

根据绕组的每极线圈数不同，主、副绕组可分别采用5/5、5/4、5/3、4/4、4/3、4/2、3/3、3/2等多种布线型式。为获得足够的相位差，以提高电阻分相电动机的起动性能，通常是增加副绕组匝数，并将部分线圈反绕。

家用电冰箱电动机的常用正弦绕组布线型式可见图1-40和1-41。

5. 电冰箱电动机的技术数据

电冰箱压缩机组配用的单相电动机，国产的有二极，也有四极的，而进口机组均为二极，而且大部分采用电阻分相起动（RSIR）型，极少量采用电容分相起动（CSIR）型或双电容（CSR）型。电冰箱压缩机组电动机的型号、性能参数见附录附表1-22；国产及部分进口的电冰箱压缩机组电动机铁心、绕组数据见附录附表1-23。

（三）空调器电动机

1. 空调器的主要结构及其电动机

空调器分窗式、挂壁、吸顶、立柜等不同型式，除窗式为整体结构外，其余均为室内、室外两部分的分体结构。空调器主要由制冷循环、通风循环、电气控制三个系统组成，如增加电磁换向阀（热泵）部件，则成为制冷、制热两用功能。

窗式空调器的结构如图1-42所示。它主要由三部分组成：

1）制冷循环系统　主要由电动压缩机组和电磁换向阀、管路、节流毛细管，以及冷凝器、蒸发器（两者可逆作功）构成。

2）通风循环系统　主要由一台双轴伸单相电动机同时驱动离心式风扇与轴流风扇，以及进风过滤网、出风栅等构成。

3）电气控制系统　包括电源开关、中间继电器、感温器、调温开关、定时器，以及保护电动机过载的热继电器等。

分体式空调器的结构主要把室外热交换器、热泵、排风扇、电动压缩机组部件布置于室外部分，其余部件包括自动功能及遥控装置均布置在室内部分，由紫铜管道与电源线互通两部分工作。

小型空调器多用单相电容运转异步电动机，中大型空调器多用三相异步电动机。如果空调定时器属电动式，则其内部还有一台小单相同步电动机。

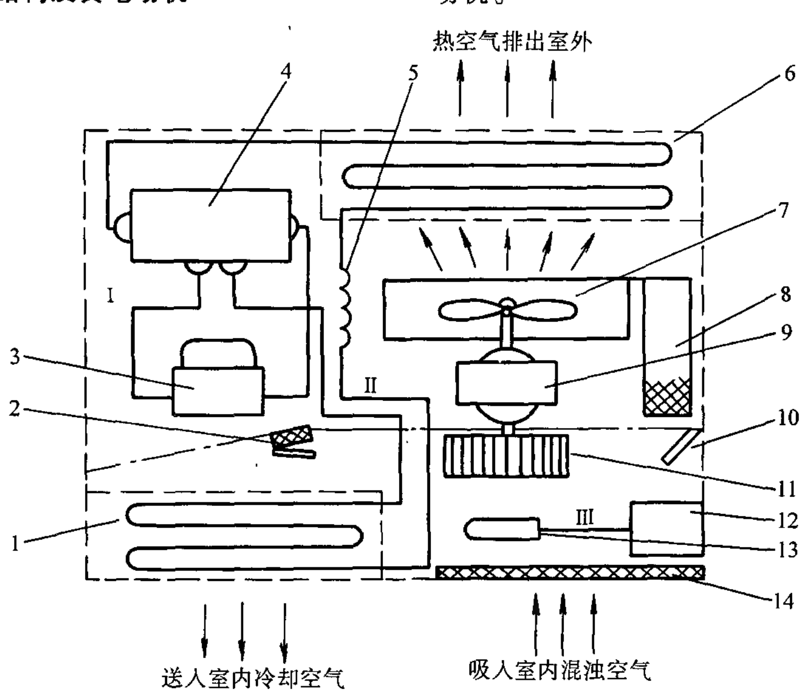


图1-42　窗式两用热泵式空调器主要结构示意

Ⅰ—制冷循环系统　Ⅱ—通风循环系统　Ⅲ—电气控制系统

1—室内热交换器（制冷作蒸发器，制热作冷凝器）　2—过滤网与排风门　3—电动压缩机组　4—电磁换向阀　5—节流毛细管　6—室外热交换器（制冷作冷凝器，制热作蒸发器）　7—轴流风扇　8—室外进风过滤网　9—双轴伸风扇电动机　10—进风门　11—离心风扇　12—电气控制装置　13—感温器　14—空气过滤网

2. 空调器电动机的技术数据

国产小中型空调器用单相电容运转异步电动机型号、性能参数见表1-9；国产空调器配用进口压缩机组的部分单相电动机性能参数见表1-10；部分进口小型空调器用单相电动机铁心、绕组技术数据见附录附表1-24。空调器用三相、小型电动机技术参数可参考第二章“小功率三相异步电动机修理”。

表1-9 国产小中型空调器用单相电容运转（CSR）异步电动机型号、性能参数

型号	输出功率/W	转速/（r/min）	效率（%）	配用电容器/μF	噪声/dB	配用压缩机制冷量/（J/h）	生产厂
DoD_T-50/4	50	600～1320		4	<35		北京微电机厂（采用调速器调速）
DoD_T-30/4	30	600～1320		2.5			
DoD_T-30/6	30	400～850		3			
DoD_T-8/6	8	600/700/900		1.5	<35		北京微电机厂（采用绕组抽头调速）
DoD_T-8/6	8	500/580/680		1.5			
DoD_T-12/6	12	600/700/900		2			
YJC-5Y	30			2.5	≤40		北京微电机厂
YJC-6Y	30			4.5	≤45		
YYK-30-6D	30	880～950	38	2.5	≤50	5860（1400）	上海日用电机厂
YYK-60-6	60	880～950	50	3		8370（2000）	
YYK-80-6D	80	780～920	50	4		15070（3600）	
YYK-250-4	250	1100～1300	60	3		20930（5000）	
KBD-1	750	2800	68	12.5		8370（2000）	西安微电机厂
KBD-2	1100		70	20		12560（3000）	
KBD-3	560		68	12.5		5020（1200）	
KBD-4	1500		70	25		16740（4000）	
KBD-5	280		52			8370（2000）	
KFD-1	50	880～920	40	3			西安微电机厂
KFD-2A	50			3			
KFD-2B	50			3			
KFD-3	30		30	2.5		5020（1200）	
KFD-3B	30			2.5			
KFD-4	100		48	4		12560（3000）	
KFD-5	120			6		16740（4000）	
KFD-5B	120	960～1350	49	5			
KFD-6	35		40	2.5		12560（3000）	
KFD-6A	35			2.5			
AYR-11-2	1100	2800	74	35			

注：制冷量括号内数字单位为cal/h，1cal/h－4.1868J/h；目前也有用瓦（W）为制冷量单位，1W＝860cal/h。

表 1-10 国产空调器配用进口压缩机组的部分单相电动机性能参数

型 号	RH-113AX	RH-153AX	ND7505BX
制冷量/（J/h）	12560（3000）	16740（4000）	8370（2000）
电动机功率/kW	1.12	1.5	0.75（60Hz）
电动机型式	电 容 运 转 式		
极 数	2	2	2
电压范围/V	220～240	220～240	198～264
工作电流/A	6.4	10.1	
起动电流/A	34	53	20
起动装置	电 压 继 电 器		
起动电容器/（μF/V）	35/400	35/400	20/350
保护装置	蝶 形 双 金 属		
主要配用机型	泰州 SCKT-3 型空调机	上海 SCKT-4 型空调机	上海长风 8360kJ/h 空调机
生产厂	日立	日立	日立

注：制冷量括号内数字单位为 cal/h，1cal/h＝4.1868J/h。

（四）洗衣机电动机

1. 洗衣机类别与电动机的性能特点

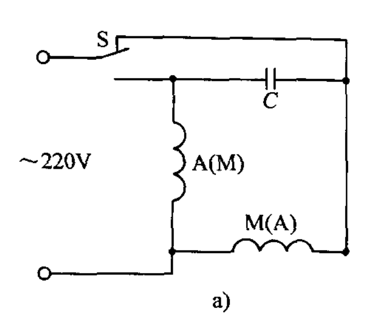
家用洗衣机采用波轮式和滚动式，工业用洗衣机采用滚动式。家用洗衣机配套的电动机有洗涤与脱水、排水用途区别。单桶（缸）洗衣机只有一台洗涤用电动机；双桶则分洗涤、脱水各一台或一台兼用；套桶也只一台兼用，经变速、转换机构调控，或用一台双速电动机；全自动或有上排水功能的还具有一台电动排水泵。

由于洗衣机需频繁定时正反转，以及在不同负载下都能可靠起动运行，又要求振动小、噪声低、不发热、绝缘良好、安全耐用，所以洗涤专用电动机的输出转矩、力能指标和绕组设计等均有别于一般小功率电动机，而脱水、排水用电动机不需正反转，它与一般小功率电动机相同。

家用洗衣机的洗衣、脱水用电动机均为四极单相电容运转电动机，由不同大小带轮配合传动，洗衣时慢速，脱水时快速。洗衣机用电动机的型号、性能参数如表 1-11 所示。

2. 洗衣机电动机的绕组特点与参数

因洗衣机需定时以正转—停止—反转—停止的循环制式频繁地启动、运行、间歇工作，为使电动机在正反转时的性能都一样，所以主、副两相绕组的匝比和导线直径比设计均为 1，也即完全对称，就能使正反转时方便地互换主、副绕组。洗涤用电动机绕组的接线型式分 L 型及 T 型两种（如图 1-43 所示），并都采用正弦绕组布线，其绕组布线也有两种型式。图 1-44 是国产洗衣机电动机标准型号的绕组布线接线图。洗衣机用单相电容运转电动机铁心、绕组数据见附录附表 1-25。



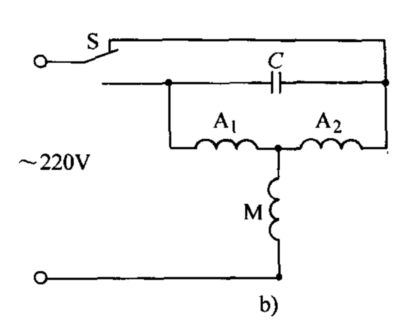


图 1-43 洗衣机电动机绕组的接线型式示意图
a）L 型接线 b）T 型接线

表 1-11　洗衣机用单相电容运转电动机型号、性能参数

型　号	用途	输出功率/W	配用洗衣量/kg	工作电流/A	效　率(%)	cosφ	起动电流/A	起动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	堵转转矩/额定转矩	生　产　厂
XD-90	洗涤	90	1.5	0.88	49	0.95	2～2.2	1.2	2	0.95～1	北京微电机厂
XD-120	洗涤	120	2.0	1.08～1.13	52～53	0.9～0.95	2.5	1.2	2	0.9～0.95	西安微电机厂
XD-180	洗涤	180	3.0	1.51～1.53	51～56	0.8～0.95	4.0	0.8	1.8	0.8	石家庄微电机厂
XD-250	洗涤	250	5.0	1.99～2.0	59～64	0.7～0.95	5.5	0.8	1.8	0.7	上海革新电机厂 汕头微电机厂
YX3-90	洗涤	90	1.5			0.95	2.0	1.0	1.8		南京微电机厂
YX3-120	洗涤	120	2.0				2.5	0.95			
YX3-180	洗涤	180	3.0				4.0	0.8			
YX3-250	洗涤	250	5.0				5.5	0.7			
YX4-90	洗涤	90	1.5			0.95	2.0	0.9	1.8		天津微电机厂
YX4-120	洗涤	120	2.0			0.95	2.5	0.9			
25YS4	脱水	25		0.57			1.0	1.0			
XDSS-35	脱水	35		0.6	28	0.95	1.0				汕头微电机厂
XDSL-25	脱水	25		0.57	22	0.9	1.0				
XDSL-45	脱水	45		0.6	36	0.9	1.5				
YXD-120	洗涤	120	2.0	1.1	52	0.95	2.5		1.43	0.757	广东中山电机厂
XTD-25	脱水	25		0.57	22	0.9	1.2		0.49	0.36	
XTD-40	脱水	40		0.6	32	0.95	1.2		0.505	0.36	
XDC-X-2	洗涤	85	1.5	1.1							上海先锋电机厂
XDC-T-2	脱水	20		0.6							
JXX-90B	洗涤	90	1.5	1.1							上海微型电机厂
XD-120	洗涤	120	2.0	0.99	56	0.97	2.3	0.99	1.76		重庆微电机厂
YY-X02	洗涤	120	2.0	1.0	55	0.98	2.2	0.998	1.78		

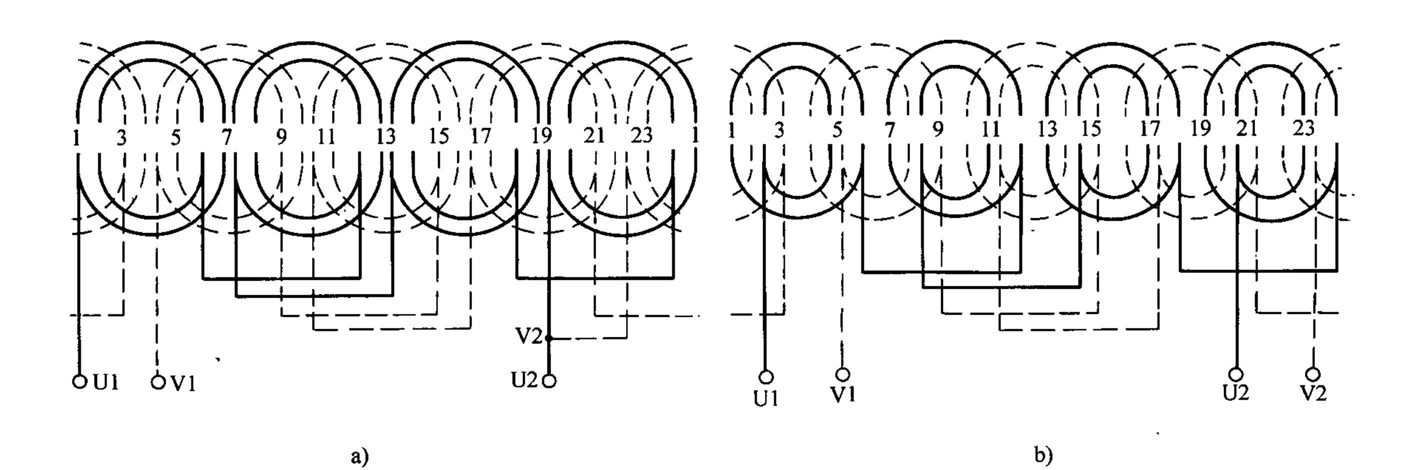


图 1-44　国产洗衣机电动机绕组布线接线

a) XD/JXX-90B 型四极 24 槽　b) XDC-X-2/XDC-T-2 型四极 24 槽

（五）电吹风电动机

1. 电吹风电动机的工作特点

电吹风电动机有串励式、罩极式（也有称感应式电吹风）、永磁式三种。目前流行的袖珍式多用电吹风均采用永磁式直流电动机；一般电吹风多采用串励电动机。但串励式电吹风工作时易干扰电视机与音响设备视听效果；罩极式电吹风风速最慢，所以风叶的旋转声最轻微，而吹出的热风温度最高。

由于各种电吹风电动机安装在有限的壳体内，均要受到发热元件热辐射的影响，不过轴流式气流要比离心式气流的影响小些。因为轴流式风叶形成的气流先经过电动机，既阻挡热辐射，也能冷却电动机作用；而离心式风叶形成的气流一部分会把辐射热吹向电动机，使电动机冷却困难。所以离心式电吹风电动机的故障较多。

为确保电吹风性能可靠性，对吹出的热风温度与风速有一定保险值。表 1-12 为常用电吹风主要性能概值参数。

2. 电吹风电动机的技术参数

电吹风电热元件及电动机铁心、绕组数据见附录附表 1-26。

表 1-12　常用电吹风主要性能参数概值

<table>
<tr><th rowspan="2">额定功率
/W</th><th rowspan="2">电压
/V</th><th rowspan="2">电流
/A</th><th colspan="2">热风温度/°C</th><th colspan="3">风　速/（m/min）</th></tr>
<tr><th>罩极式</th><th>串励式永磁式</th><th>罩极式</th><th>串励式</th><th>永磁式</th></tr>
<tr><td>250</td><td rowspan="4">220</td><td>1.14</td><td>60 ~ 85</td><td>35 ~ 60</td><td rowspan="2">390 ~ 450</td><td rowspan="2">500 ~ 600</td><td rowspan="2">800 ~ 1000</td></tr>
<tr><td>350</td><td>1.59</td><td>90 ~ 115</td><td>50 ~ 70</td></tr>
<tr><td>450</td><td>2.04</td><td>120 ~ 145</td><td>65 ~ 85</td><td colspan="3">电动机转速/（r/min）</td></tr>
<tr><td>550</td><td>2.50</td><td>150 ~ 175</td><td>800 ~ 100</td><td>2500 ~ 2800</td><td>3500 ~ 14500</td><td>5000 ~ 8800</td></tr>
</table>

（六）吸尘器电动机

1. 吸尘器的工作与电动机性能特点

吸尘器的全称是电动真空吸尘器。它是靠筒体内的电动机高速驱动风叶，从出风口排出局部空气而产生瞬时真空——形成局部空气负压，使进风口经吸嘴吸取筒体外的空气与尘埃、碎屑。其真空度愈高，则吸尘效果愈好。

吸尘器的真空度同电动机的功率、转速成正比，功率大、转速高，则排出的风量也大，吸尘力也必然较大。一般吸尘器配用的单相串励电动机的转速达到 13000 ~ 23000r/min；额定功率通常在 100 ~ 1000W 之间。此外，吸尘器电机还要求具有良好绝缘性能、温升低、噪声小、耐振动、换向器火花小。又因为吸尘器属短时工作制性质，连续工作不会超过 2h，为使电动机有较好的通风冷却效果，为此在定子冲片上设计留出通风孔，使叠装后形成自然风冷通气道；同时也增加电刷长度，以减少产生电火花和频繁磨损换电刷的麻烦。

永磁直流电动机的转速也达 5000 ~ 8800r/min，少数微型吸尘器选作专用电机效果也较好。

2. 吸尘器电动机绕组及技术数据

吸尘器电动机的磁场绕组为集中绕组，电枢绕组多用单层叠绕。

吸尘器电动机属专用电动机，具有一定特殊性。部分单相吸尘器性能及串励电动机铁心、绕组数据见附录附表 1-27。

（七）电唱机电动机

1. 电唱机电动机的种类与性能特点

电唱机是音响设备组成单元之一。电动机作为它的动力，又是直接关系到电唱机质量指标的重要部件之一。它的性能要求：起动性好、转速稳、转差小、抖晃度小、噪声小。

电唱机电动机以应用电源分交流和直流两种；结构型式主要有单相罩极电动机、单相多极低速磁滞反应式同步电动机和永磁直流电动机。目前大多数电唱机采用罩极电动机与永磁直流电动机。罩极电动机结构简单、噪声小，但起动转矩、效率和功率因数均较低；还易受电源电压波动或负载变化影响转速产生一定误差。永磁直流电动机必需经整流、稳压电源供电，它体积较小，效率高、能耗小，适用小型电唱机配套，但需要附设机械或电子稳速装置；还存在换向器与电刷滑动接触所产生的噪声与电火花干扰音响信噪比性能指标，必须采取相应抗干扰措施。反应式磁滞同步电动机的转速与电源频率有关，只要电源频率恒定，其转速也能保持恒定；起动转矩大、振动小、噪声小是它的优越性。但其结构较复杂，尚未普及应用。

近年进口电唱机已采用低速无刷直流电动机直接驱动，又称直接驱动式晶体锁相电动机。它不仅起动

力矩大、调速方便、稳速精度高，又可避免有刷电机的噪声与电火花干扰，但控制线路复杂。另一种高级组合式音响设备配套的电唱机，是采用无刷、无铁心的低速伺服直流微电机，作为直接驱动转盘与控制音臂工作，它的各项性能达到与音响设备“高保真”指标配套。当然，这种电动机的结构与控制线路是相当精密复杂的。

2. 电唱机电动机的绕组参数

电唱机电动机也属专用电动机。鉴于国内电唱机多采用单相罩极电动机，故介绍常用的三种型号参数。型号是采用电唱机代用型号，国产常用三种电唱机用罩极电动机绕组参数见附录附表 1-28。

（八）电动缝纫机电动机

电动缝纫机有家用、工业用两类，本小节只介绍家用电动缝纫机电动机。

家用电动缝纫机电动机的性能要求是，具有较大的起动转矩和过载能力，还要调速方便、体积小、安全可靠。为此，家用电动缝纫机都选用单相串励电动机作为动力。但是它的调速性能较差，为了适应缝纫工作的方便需要，目前很少采用无级平滑调速，而以降低运行性能而采用电阻降压的少级调速方法。

家用电动缝纫机电动机也属专用电动机。它的部分型号及电动机铁心、绕组数据见附录附表 1-29。

四、单相电动工具电动机的结构特点与技术数据

电动工具有单相和三相两类，多数采用小功率电动机，少数超过 1kW 功率的，本小节着重介绍单相电动工具。有关三相电动工具的技术参数可参见第二章附录表。

（一）金属切削类电动工具

1. 电钻

目前国内生产的电钻有三个系列：

1）J1Z 系列电钻的电动机是交流单相串励式，机壳一般用铝合金铸成，开关为手揿式。电动机的高转速是通过齿轮减速后获得钻削速度，钻孔直径为 $\phi 6 \sim \phi 23$mm。

2）回J1Z2 系列是在 J1Z 系列的基础上加强绝缘。其结构特点是采用双重绝缘，即除电机绕组的主绝缘外，在转轴与电枢铁心之间，定子铁心与外壳之间都采用绝缘措施。

3）J3Z 系列电钻最大可钻 ϕ49mm 的孔径，电动机采用铝壳的三相鼠笼异步电动机，并选用脚踏跷板式开关（性能、绕组参数见第二章附表 2-12）。

单相电钻型号和性能参数见表 1-13；单相串励电钻电动机铁心、绕组数据见附录附表 1-30。

2. 磁座钻

磁座钻又称磁力吸附钻，它可吸附在钢铁材料上作为支撑面上作业，故它的加工精度比手电钻高，而且省时、省力。磁座钻的机架由铝合金铸成，底部是电磁吸盘，接通电源可使磁座钻吸附在工件上作业。磁座钻配用普通电钻电动机。

磁座钻的吸盘工作使用直流电源，是由置于机架内腔的整流装置供电，使产生吸附电磁力。若外来电

表 1-13　单相电钻型号和性能参数

<table>
<tr><th>型　号</th><th>最大孔径
/mm</th><th>额定电压
/V</th><th>额定电流
/A</th><th>输入功率
/W</th><th>转速
/（r/min）</th><th>额定转矩
/N·cm</th><th>工作方式
（%）</th></tr>
<tr><td>J1Z-6</td><td>6</td><td rowspan="5">36</td><td>5.6</td><td>190</td><td>720</td><td>90</td><td rowspan="5">40</td></tr>
<tr><td>J1Z-13</td><td>13</td><td>11</td><td>280</td><td>500</td><td>450</td></tr>
<tr><td>回J1Z2-6</td><td>6</td><td>6.7</td><td>240</td><td rowspan="2">700</td><td>90</td></tr>
<tr><td>回J1Z2-10</td><td>10</td><td>9.6</td><td>320</td><td>240</td></tr>
<tr><td>回J1Z2-13</td><td>13</td><td>13</td><td>430</td><td>500</td><td>450</td></tr>
<tr><td>J1Z-6</td><td>6</td><td rowspan="7">220</td><td>1.1</td><td>190</td><td>720</td><td>90</td><td>40</td></tr>
<tr><td>J1Z-10</td><td rowspan="3">10</td><td>1.6</td><td>325 ~ 370</td><td rowspan="3">700</td><td rowspan="3">240</td><td rowspan="3">100</td></tr>
<tr><td>J1Z2-10</td><td>2.1</td><td>430</td></tr>
<tr><td>J1Z3-10</td><td>1.5</td><td>350</td></tr>
<tr><td>J1Z-13</td><td>13</td><td>1.5 ~ 2.4</td><td>390、460</td><td>500、600</td><td>450</td><td>40</td></tr>
<tr><td>J1Z-19</td><td>19</td><td>3.6</td><td>640、740</td><td>290、330</td><td>1200、1300</td><td rowspan="2">60</td></tr>
<tr><td>J1Z-23</td><td>23</td><td>5.1</td><td>1000</td><td>300</td><td>2000</td></tr>
</table>

（续）

型号	最大孔径 /mm	额定电压 /V	额定电流 /A	输入功率 /W	转速 /（r/min）	额定转矩 /N·cm	工作方式 （%）
回J1Z-6	6	220	0.9～1.2	240	1200	90	100
回J1Z-13	13		2.4	430	600	450	
回J1Z2-4	4		1.1	240	2200	40	
回J1Z2-6	6		1.2		1200	90	
回J1Z2-6K	6		0.75	165	1600		
回J1Z2-10	10		1.6～2.1	320～430	700	240～450	
回J1Z2-16	16		4	810	500	750	
回J1Z2-19	19				330	1300	
回J1Z2-23	23				250	1700	
回J1ZZ-6	6		1.2	250	1200	90	
回J1ZH-10	10		2.1	430	700	240	
回J1ZH2-13	13		2.4		500	450	

表 1-14　单相磁座钻的性能参数

型号	最大孔径 /mm	钻孔深度 /mm	输入功率 /W	额定电流 /A	额定电压 /V	转速 /（r/min）	最大吸力 /N	最大转角	工作方式 （%）	配用电机型号
J1CZ-13	13	140	430	2.1	220	500	7840 （6660）	300°	40	回J1Z2-13
J1CZ-16	16	180	810	4.0			9800			
J1CZ-19	19	180	700	3.5			9800			
J1CZ-23	23	180	810	4.0		250	9800 （7840）			回J1Z2-23

注：括号中的吸力是由蓄电池供电时的吸力。

源突然断电，为防止磁座钻因失去磁力而落下，磁座钻常与继电保护器配合使用。单相磁座钻的性能参数见表 1-14。

3. 电剪刀与电冲剪

电剪刀与电冲剪有上下刀片，工作原理基本相同，下刀片固定不动，上刀片由电动机经减速箱带动偏心轮、连杆机构作上下斜切往复运动的剪切作业。

电剪刀适用于剪切薄钢板、有色金属板、塑料薄板等板材。其优点是加工的变形小、质量高。

单相电剪刀与电冲剪型号、性能及电动机铁心、绕组数据见附录附表 1-31。

4. 电动型材切割机

型材切割机一般采用双重绝缘的交直流两用单相串励电动机，也有采用全封闭式三相笼型异步电动机。单相电动型材切割机的型号、性能及电动机铁心、绕组数据见附录附表 1-32；三相电动型材切割机的性能参数可参见第二章附表。

5. 电动曲线锯

单相电动曲线锯用电动机是双重绝缘交直流两用单相串励式。其主要性能及电动机铁心、绕组数据见附录附表 1-33。

6. 电动攻丝机和套丝机

攻丝机的电动机也是双重绝缘交直流两用串励式，由于切割螺纹时需要转矩大、低转速，故工作时经过三级齿轮减速传动；退出时拨动变速箱倒顺机械装置，并转换成二级齿轮传动，以提高工作效率。

单相电动攻丝机和套丝机的性能及电动机铁心、绕组数据见附录附表 1-34。

7. 电动锯

电动锯割机通常采用三相笼型电动机，其性能参

数可参见第三章附表，单相往复锯则采用双绝缘的交直流两用单相串励电动机；其主要型号、性能参数见表 1-15。

8. 电动多用工具

电动多用工具的电动机是双重绝缘交直流两用串励电动机，其工作特点是一机多能，可根据加工件的不同形式，以改换机头来完成不同功能的机械加工。通常，电动多用工具具有钻孔、磨削及剪切三种功能。钻孔可根据不同材料而选用两种不同的钻削速度。

单相电动多用工具的性能参数见表 1-16。

表 1-15 单相往复锯的型号、性能参数

型号	电压 /V	电流 /A	输入功率 /W	锯割能力/mm		往复次数 /（次/min）	锯条行程 /mm	工作方式
				外径	厚度			
回 J1FH-100	220	2.1	430	100	10	1400	26	100%

表 1-16 电动多用工具的性能参数

型号	双速电钻								砂轮	电剪刀	
	最小最大钻孔 /mm	额定电压 /V	额定电流 /A	输入功率 /W	输出功率 /W	钻轴转速 /（r/min）	最大钻架高 /mm	工作方式	规格（外径×内径×厚）/mm	最大切厚 /mm	往复次数 /（次/min）
回 J1D-6/13	6/13	220	2.0	430	275	1400/500	200	100%	150×30×20	2	1450

（二）砂磨类电动工具

S1S S1MJ 系列单相砂轮机的电动机是采用交、直流两用单相串励电动机。为适应某些场合使用的安全要求，部分规格采用双重绝缘结构。S3S 系列是三相工频笼型异步电动机。单相电动砂轮机的性能及电动机铁心、绕组数据见表 1-17 及附录附表 1-35；三相砂轮机参数参见第二章附表。

表 1-17 单相电动砂轮机性能参数

型号		砂轮尺寸/mm 外径×内径×厚	额定电压 /V	额定电流 /A	输入功率 /W	额定转速 /（r/min）	工作方式
直向砂轮	回 S1S2-80	80×20×20	220	2.1	430	5800	100%
	S1S2-100	100×20×20		2.3	470	4600	
	S1S2-100			2.8	580	8500（空载）	
	回 S1S2-125	125×20×20				6600（空载）	
角向磨光	回 S1MJ-100	100×16×4	220	1.75	370	10000（空载）	100%
	回 S1MJ-125	125×22×6		2.71	580		
	回 S1MJ-180	180×22×6		7.8	1700	8000（空载）	
	回 S1MJ-230	230×22×8				5800（空载）	
	SZMJ-100	100×16×4	24	17.8	412	6500（空载）	

（三）装配类电动工具

1. 电动螺钉旋具

电动螺钉旋具主要用于手表、照相机、音响视听设备及仪器、仪表的装配作业。它由螺钉旋具和控制仪两部分组成。POL-1～4 微型螺钉旋具以微型永磁直流电动机为动力，其为 POL-1～2 型还具有真空吸螺钉及对正刀槽装置，使用方便、效率高。

单相电动螺钉旋具及电动机性能参数见表 1-18。

2. 电动扳手

单相电动扳手采用交直流两用单相串励电动机，其性能及电动机铁心、绕组数据见表 1-19 及附录附表 1-36。

表 1-18　单相电动螺钉旋具及电动机性能参数

型号	螺钉旋具			电动机				控制仪			工作方式
	适用范围	额定转矩 /N·cm	工作转速 /（r/min）	型号	额定电压 /V	额定电流 /A	输入功率 /W	输入电压 /V	输出电压调节范围 /V	控制电流范围 /A	
POL-1	M1及以下	1080	1000	永磁直流 20SY01	9				5～9	0.2～0.6	100%
POL-2	M1～M2	2160	500					220	6～9	0.2～0.6	
POL-4	M1～M4	8800	≥200	永磁直流 ZYP36302	24	1.0	20		10～24	0.25～2.5	15%
P1L-6	M4～M6		500	单相串励	220	1.1	230				40%
回P1L-6	M4～M6		1200			1.2	350				100%
POLZ-4	M1～M4	9800	500	直流	24						15%

表 1-19　单相电动扳手的性能参数

型号	适用范围	额定电压 /V	额定电流 /A	输入功率 /W	额定扭矩 /N·m	冲击次数 /（次/min）	边心距 /mm	工作方式
P1B-10	M8～M10	36	5.6	190	0.9	1200		
P1B-10	M8～M10	220	1.1	230	20	1200		40%
回P1B-8	M6～M8		0.91	180	3.9～14.7	1600～1800	22	40%
回P1B-12	M10～M12		0.79	140～174	60	1500～1800	36	
回P1B-16	M14～M16		1.5～2.37	320～480	147	1300～1700	43	
回P1B-20	M18～M20	220	2.4	450	216	1400～1500	49	25%
回P1B-24	M22～M24		3.2～4.1	620～740	392	1300～1800	47	
回P1B-30	M24～M30		4.1	850	784	1600		
回P1BD-150	M22～M30	220		820	1470			100%

注：边心距是指机件壁面与螺母（或螺栓）中心的最小距离。小于此距离则电动扳手不适宜使用。

3. 电动拉铆机

电动拉铆机采用双重绝缘的交、直流两用单相串励电动机。其型号、性能及铁心绕组数据见附录附表1-37。

（四）林木类电动工具

1. 木工电圆锯

木工电圆锯用于截锯木材或塑料，配上支架后还可用于木工场作为小型台锯使用。单相木工电圆锯一般采用交直流两用单相串励电动机，其性能及电动机铁心、绕组数据见附录附表1-38；三相木工电圆锯电动机参数可参见第二章附表。

2. 电动木工钻与电链锯

电动木工钻与电链锯适用于建筑工地施工，或在野外进行木料加工。电动木工钻与电链锯多数采用三相交流笼型电动机，其中个别规格采用200Hz中频电源。单相电链锯的性能参数见表1-20；三相电动木工钻与电链锯的电动机参数可参见第二章附表。

表 1-20　单相电链锯的性能参数

型号	最大锯木直径 /mm	导板最大工作长度 /mm	锯口宽度 /mm	锯链速度 /（m/s）	电压 /V	额定电流 /A	额定功率 /W	工作方式
M2L2-950	ϕ950	475	7.2	5.5	220	7.5	1500	60%

3. 木工电刨

单相木工电刨采用交直流两用串励电动机，其性能及电动机铁心、绕组数据见附录附表1-39。

（五）农牧类电动工具

剪毛机有单相和三相，都是采用低电压小功率电机；单相由变压器供电，三相由专用中频（200Hz）电源装置供电。单相电动剪毛机的性能参数见表1-21；电动喷油机、采茶机、剪枝机等电动机参数见附表1-30中36V电钻。

（六）建筑道路类电动工具

1. 冲击电钻

冲击电钻通常都采用交直流两用单相串励电动机，个别型号采用三相工频笼型异步电动机。单相冲击电钻的性能及电动机铁心、绕组数据见附录附表1-40；三相冲击电钻的性能参见第二章附表。

2. 电锤

单相电锤的电动机采用双重绝缘的交直流两用串励电动机，其型号、性能及电动机铁心、绕组数据见附录附表1-41。

表1-21　单相电动剪毛机的性能参数

型　号	输入功率/W	电流/A	工作电压/V	电源电压/V	电动机转速/（r/min）	刀片齿数（上/下）	刀片摆速/（次/min）	剪幅宽/mm
N1J-76	215	5.9	36	220	16500	4/13	1950	76

3. 电动湿式磨光机

电动湿式磨光机是在角向磨光机的基础上改造而来的派生产品。

单相电动湿式磨光机性能及电动机铁心、绕组数据见附录附表1-42。

4. 混凝土振动器

混凝土振动器是浇注混凝土构件时用以消除内部气孔，提高混凝土浇注质量确保构件强度的电动工具。它有两种型式：软轴插入式和附着式。

软轴插入式振动器是利用偏心振动棒直接插入混凝土中振动工作的。ZP系列是单相振动器，采用双重绝缘交直流两用串励电动机；ZX系列是三相振动器，它采用三相笼型异步电动机。

附着式振动器是利用电动机轴上装设偏心飞轮转动时所产生的整体振动力，作用于混凝土表面再传导至内部来达到消除气孔的。附着式有B、HZ系列，均采用三相笼型电动机。

另有一种电动直联插入式高频振动器的电动机无需借助软轴传动，是直接装于棒体内，它适用于大体积、低流态的混凝土作业。它的电动机是低电压、低中频三相笼型异步电动机，由专用变频机组供电。

单相插入式混凝土电动振动器型号、性能及电动机铁心、绕组数据见附录附表1-43；三相混凝土振动器的性能参数参见第二章附表。

（七）铁道类电动工具

铁道螺钉电扳手适用于装卸轨道鱼尾板（夹板）螺钉。它的动力为三相笼型异步电动机，其主要技术性能参数可参见第二章附表。

（八）其他类电动工具

1. 电喷枪

电喷枪是由电动机带动风叶旋转形成束状气流所产生的负压将容器内的喷液抽出，并雾化后喷射到工件上。电喷枪常用作喷漆作业。电动机一般是采用单相分相电动机、罩极电动机，也有用交直流两用串励电动机，其性能参数见表1-22。

表1-22　单相电喷枪的性能参数

型　号	喷液流量/（mL/min）	喷射压力/$N \cdot cm^2$	300mm喷距的喷雾面积/mm	贮液容量/mL	额定电压/V	额定电流/A	额定功率/W	工作方式
回Q5P-40	170	250	ϕ106	800	220	0.4	40	断续

2. 石膏电锯

石膏电锯是供骨科医疗中拆除石膏绷带的电动工具。它由串励式电钻改造而来，电锯的工作头由偏心轴、传动钳、主轴、锯片、凹轴套等部件组成。电动机旋转时，偏心轴带动传动钳作往复运动而使锯片切割石膏。但触及患者皮肤时，由于皮肤的柔软性和伸张性而会随锯片往复摆动，故不致被割伤。

目前国内生产的单相石膏电锯性能及电动机铁

心、绕组数据见附录附表1-44。

五、其他机电设备专用单相电动机的结构特点与技术数据

（一）断路器专用单相电动机

采用电动操作机构的油开关配用电动机性能参数见表1-23。

过去生产的DW系列断路器电动操作机构传动电动机，大多采用三相交流电动机或直流电动机。目前已逐步采用专为断路器操作机构设计的交直流两用单相串励电动机代替。这种专供断路器配套使用的单相电动机专用系列见表1-24。

表1-23　电动（弹簧）操作机构油开关配用电动机性能参数

<table>
<tr><th rowspan="2">型　号</th><th rowspan="2">配用开关型号</th><th colspan="4">电　动　机</th></tr>
<tr><th>型　式</th><th>电压
/V</th><th>功率
/W</th><th>转速
/（r/min）</th></tr>
<tr><td rowspan="2">CT2-XG</td><td>SW2-35</td><td>直流</td><td>110/220</td><td>600</td><td>2900</td></tr>
<tr><td>SW2-35C</td><td>交流</td><td>220/380</td><td>750</td><td rowspan="3">1500</td></tr>
<tr><td rowspan="2">CT6-X</td><td>SW4-110</td><td>直流</td><td>110/220</td><td>1100</td></tr>
<tr><td>SW4-220（单相）</td><td>交流</td><td>220/380</td><td>1500</td></tr>
<tr><td rowspan="2">CT7</td><td>SN_{2}^{1}-10
SN_{6}^{5}-10</td><td>直流</td><td rowspan="2">220</td><td rowspan="2">433</td><td rowspan="2">6500</td></tr>
<tr><td>SN_{10}^{8}-10
DN1-10
DW1-10</td><td>交流</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>DW10-$^{1000}_{1500}$</td><td rowspan="2">单相交、直流两用</td><td rowspan="2">220/380</td><td>≤450</td><td></td></tr>
<tr><td>DW10-$^{2500}_{4000}$</td><td>≤720</td><td></td></tr>
</table>

表1-24　断路器电动操作机构单相交直流两用电动机的型号及性能参数

型　号	电压/V	功率/W	转速/（r/min）	配套断路器系列
回HDZ-236	220	250	2000	配套由德国AEG公司引进的ME系列低压断路器
HDZ-311	380	200	1000	配套DW10、DW15系列低压断路器
HDZ-213	220	200	500	配套高压少油断路器、真空断路器、六氟化硫断路器等CT系列弹簧操作机构

（二）泵用单相电动机

泵用单相电动机有电阻分相、电容分相和电容运转三种型式，潜水泵均为电容分相单相电动机。电泵专用单相电动机性能参数见表1-25；QD型单相潜水泵电容分相电动机性能及铁心、绕组数据见附录附表1-45。

（三）轴流通风机专用单相电动机

轴流通风机的性能随结构有差异，其性能和电动机的技术参数见表1-26。

（四）磨床专用单相电动机

磨床专用的单相电动机性能参数见表1-27。

表 1-25 电泵专用单相异步电动机性能参数

型式	型号	出水口管径/mm	额定流量/(m^3/h)	额定扬程/m	电动机额定数据 功率/W	电压/V	电流/A	转速/(r/min)	功率因数	效率(%)	电机型式	堵转电流倍数 T_d/T_N	堵转转矩倍数 T_d/T_N	最大转矩倍数 T_{max}/T_N
水泵	32WDB-12	32	4.5	12			3.5				电阻分相	6~9	1.25~2.2	
	40WDB-7	40	10	7	370									
	ND7132						2.8							
	ND8022				550		4.2							
	BWB8012				370		3.36		0.77	65		9	1.1	1.8
	BWB8022				550		4.5		0.80	66		8		
	ESBU-550-2				550		4.65		0.79	68		6	1.0	
	BWXP6322				180		2.0		0.70	60		8.5		
	BWXB6332				250	220	2.5	2800	0.72	63	电容运转	11		
	BWXB7112				370		3.5		0.74	65		9		
	CWXB7112											6		
	DOL6332				400		3.8					7.5	1.0	
	BB2-8022				550		4.5					9		
	DB-330				330		2.2	2820	0.95	71		5.5	0.25	1.8
	DB-370				370		2.5					5		
	1DB-35				330		3.5	2800						
	DOB-10				25		0.32							
潜水泵	QD7.8-4.5J	40	7.8	4.5	250	220	3.0	2800			电容分相			
	QD7.8-6.5J	50		6.5	400		3.9							
	WQX-370				370		2.5							

表 1-26 轴流通风机与专用单相电动机技术参数

结构型式	型号	风叶外径/mm	电压/V	频率/Hz	同步转速/(r/min)	输入功率/W	风量/(m^3/min)	噪声/dB(A)	重量/kg
螺浆式	150FZL1	150	220	50	1500	15	2	45	1.4
	150FZL2				3000	30	4	50	
	200FZL1	200			1500	28	6	55	2.4
	200FZL2				3000	55	12	60	
	250FZL1	250			1500	40	10	55	3.0
	300FZL1	300				60	20	60	4.5
圆筒式	50FZY1-$\frac{D}{S}$	50	36	50	3000	10	0.35	45	0.2
	50FZY2-$\frac{D}{S}$		110						

（续）

<table>
<tr><th>结构型式</th><th>型　　号</th><th>风叶外径/mm</th><th>电压/V</th><th>频率/Hz</th><th>同步转速/(r/min)</th><th>输入功率/W</th><th>风量/(m^3/min)</th><th>噪声/dB(A)</th><th>重量/kg</th></tr>
<tr><td rowspan="14">圆筒式</td><td>75FZY1-$^{D}_{S}$</td><td rowspan="2">75</td><td>110</td><td rowspan="14">50</td><td rowspan="6">3000</td><td rowspan="2">12</td><td rowspan="2">0.60</td><td rowspan="2">45</td><td rowspan="2">0.3</td></tr>
<tr><td>75FZY2-$^{D}_{S}$</td><td>220</td></tr>
<tr><td>100FZY1-$^{D}_{S}$</td><td rowspan="2">100</td><td>110</td><td rowspan="2">18</td><td rowspan="2">1.4</td><td rowspan="4">55</td><td rowspan="2">0.5</td></tr>
<tr><td>100FZY2-$^{D}_{S}$</td><td>220</td></tr>
<tr><td>125FZY1-$^{D}_{S}$</td><td rowspan="2">125</td><td>110</td><td rowspan="2">25</td><td rowspan="3">2.5</td><td rowspan="2">0.7</td></tr>
<tr><td>125FZY2-$^{D}_{S}$</td><td rowspan="9">220</td></tr>
<tr><td>150FZY1-$^{D}_{S}$</td><td rowspan="2">150</td><td>1500</td><td>15</td><td>50</td><td rowspan="2">1.0</td></tr>
<tr><td>150FZY2-$^{D}_{S}$</td><td>3000</td><td>30</td><td>5</td><td>65</td></tr>
<tr><td>200FZY1-D</td><td rowspan="2">200</td><td>1500</td><td>25</td><td>6.5</td><td>60</td><td rowspan="2">2.0</td></tr>
<tr><td>200FZY2-D</td><td>3000</td><td>55</td><td>13</td><td>70</td></tr>
<tr><td>250FZY1-D</td><td rowspan="2">250</td><td>1000</td><td>30</td><td>8.5</td><td>55</td><td rowspan="2">4.5</td></tr>
<tr><td>250FZY2-D</td><td>1500</td><td rowspan="2">45</td><td>13</td><td>65</td></tr>
<tr><td>300FZY1-D</td><td rowspan="2">300</td><td>1000</td><td>15</td><td>60</td><td rowspan="2">5.0</td></tr>
<tr><td>300FZY2-D</td><td>1500</td><td>60</td><td>22</td><td>70</td></tr>
<tr><td rowspan="4">扇风式</td><td rowspan="2">FA-400</td><td rowspan="2">400</td><td rowspan="4">220</td><td rowspan="4">50</td><td>1500</td><td>150</td><td>48</td><td></td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>1000</td><td>75</td><td>33</td><td>60</td></tr>
<tr><td rowspan="2">FA-500</td><td rowspan="2">500</td><td>1500</td><td>350</td><td>95</td><td></td></tr>
<tr><td>1000</td><td>145</td><td>65</td><td>65</td></tr>
</table>

表 1-27　磨床专用单相(220V50Hz)异步电动机性能参数

<table>
<tr><th>型　　号</th><th>功率/W</th><th>电流/A</th><th>转速/(r/min)</th><th>效率(%)</th><th>功率因数</th><th>堵转电流/A</th><th>堵转转矩倍数 T_d/T_N</th><th>最大转矩倍数 T_{max}/T_N</th></tr>
<tr><td>BO2M-8012</td><td rowspan="3">370</td><td>3.36</td><td>2800</td><td>65</td><td>0.77</td><td>30</td><td>1.1</td><td rowspan="9">1.8</td></tr>
<tr><td>BO2M-8024</td><td>4.24</td><td>1400</td><td>62</td><td>0.64</td><td>32</td><td>1.2</td></tr>
<tr><td>CO2M-8012</td><td>3.36</td><td rowspan="2">2800</td><td>65</td><td>0.77</td><td>21</td><td rowspan="2">2.8</td></tr>
<tr><td>CO2M-8022</td><td>550</td><td>4.65</td><td>68</td><td>0.79</td><td>29</td></tr>
<tr><td>CO2M-8024</td><td>370</td><td>4.24</td><td>1400</td><td>62</td><td>0.64</td><td>21</td><td rowspan="4">2.5</td></tr>
<tr><td>CO2M-9052</td><td>750</td><td>5.94</td><td>2800</td><td>70</td><td>0.82</td><td>37</td></tr>
<tr><td>CO2M-9054</td><td>550</td><td>5.57</td><td rowspan="3">1400</td><td>65</td><td>0.69</td><td>29</td></tr>
<tr><td>CO2M-90L4</td><td>750</td><td>6.77</td><td>69</td><td>0.73</td><td>37</td></tr>
<tr><td>EDM-1</td><td>600</td><td></td><td>65</td><td>0.70</td><td>32</td><td>3.5</td></tr>
</table>

(五) 静电复印机专用单相电动机

静电复印机的专用电动机有七台，除搓纸用永磁直流电机和风扇用单相罩极电动机外，其余均为单相电容运转电动机。各电动机的主要型号、性能参数见表 1-28。

(六) 其他专用单相电动机

其他专用是指自动打字机、放映机、点钞机、医疗器械、牙科椅与病床等配用的单相电动机。这些电动机的型号与主要性能参数见表 1-29。

表 1-28　静电复印机专用微型单相电动机型号、性能参数

<table>
<tr><th>型　号</th><th>功率
/W</th><th>转速
/(r/min)</th><th>电压
/V</th><th>额定电流
/A</th><th>起动电流
/A</th><th>电动机型式</th><th>电容器
/μF</th><th>工作
方式</th><th>起动转
矩倍数</th><th>最大转
矩倍数</th></tr>
<tr><td>FZ-1</td><td>65</td><td>1400</td><td rowspan="5">220</td><td>0.87</td><td>3</td><td rowspan="5">电容运转电动机</td><td>8</td><td>连续</td><td rowspan="2">1.2</td><td rowspan="3">1.6</td></tr>
<tr><td>FG-1</td><td>20</td><td>1200</td><td>0.32</td><td>1.5</td><td>2</td><td>30min</td></tr>
<tr><td>FS-1</td><td>10</td><td>1300</td><td>0.25</td><td>1</td><td>1.5</td><td rowspan="3">连续</td><td rowspan="2">0.9</td></tr>
<tr><td>FX-1</td><td>20</td><td>2600</td><td>0.30</td><td>1.5</td><td>2</td><td>1.2</td></tr>
<tr><td>FM-1</td><td>50</td><td>1400</td><td>0.69</td><td>2.5</td><td>6</td><td>1.1</td><td>1.6</td></tr>
<tr><td>FC-1</td><td></td><td>4500</td><td>-24</td><td>0.20</td><td rowspan="4"></td><td>永磁直流电机</td><td rowspan="4"></td><td rowspan="4"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>FF-11</td><td>1</td><td>2600</td><td rowspan="3">220</td><td>0.19</td><td rowspan="3">单相罩极电机</td><td>0.6</td><td></td></tr>
<tr><td>FF-12</td><td>3</td><td>2500</td><td>0.28</td><td rowspan="2">0.5
0.4</td><td rowspan="2">1.1</td></tr>
<tr><td>FF-13</td><td>5</td><td>2600</td><td>0.28</td></tr>
</table>

表 1-29　其他专用单相(220V)电动机型号、性能参数

<table>
<tr><th>型　号</th><th>输出
功率
/W</th><th>电流
/A</th><th>转速
/(r/min)</th><th>电容器
/μF</th><th>效率
(%)</th><th>功率
因数</th><th>起动转
矩倍数
T_s/T_N</th><th>最大转
矩倍数
T_{max}/T_N</th><th>配用设备</th></tr>
<tr><td>D3612Z</td><td>8</td><td>0.8(起)</td><td>2700</td><td></td><td rowspan="3">24</td><td rowspan="3">0.80</td><td></td><td>1.8</td><td rowspan="3">配用自动打字机、自动调节阀动力</td></tr>
<tr><td>D3614T</td><td>4</td><td>0.15</td><td>1350</td><td rowspan="2">0.5</td><td>0.7</td><td>1.5</td></tr>
<tr><td>DCG</td><td>40</td><td>0.46</td><td>1400</td><td>0.65</td><td rowspan="3">1.8</td></tr>
<tr><td>D3612F</td><td>8</td><td>0.8(起)</td><td>2700</td><td></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td>0.7</td><td rowspan="3">配用 16mm、8.75mm 放映机</td></tr>
<tr><td>FZ-16</td><td>40</td><td>0.36</td><td rowspan="2">2800</td><td>2</td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>DB8-75</td><td>8</td><td>0.13</td><td>1</td><td>28</td><td>0.90</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>XFD-15A</td><td rowspan="2">15</td><td rowspan="2">0.46</td><td rowspan="5">1400</td><td rowspan="2">2</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">配用硒鼓静电复印机减速机构动力</td></tr>
<tr><td>XFD-15B</td></tr>
<tr><td>YYD</td><td>120</td><td>4(起)</td><td rowspan="2"></td><td>50</td><td>0.90</td><td rowspan="2">配用牙科、病床用仰俯椅机构动力</td></tr>
<tr><td>Y_T90-24</td><td>250</td><td>12(起)</td><td>40</td><td>0.80</td><td>1.1</td><td>2</td></tr>
<tr><td>DCG</td><td>40</td><td>0.46</td><td>0.5</td><td></td><td></td><td>0.7</td><td></td><td>配用点钞机、医疗器械</td></tr>
</table>

第二节 交流分相电动机修理

一、分相电动机的故障及其原因

分相电动机的故障一般有：不能起动，转速变慢，温升过高，有噪声等。表 1-30 列出了分相电动机的故障现象及原因。

表 1-30 单相分相电动机的故障现象与故障原因

故障现象	故障原因	
电动机不能起动	电气方面	1. 电源电压不符合 2. 起动开关触点损坏处于开断状态 3. 分相电容器损坏、失效或容量过小 4. 主绕组有断路、短路或接地 5. 电动机过负载使保护装置动作切断电源 6. 转子严重断条或端环断裂
	机械方面	1. 轴承卡死、锈蚀或损坏 2. 端盖安装位置不正 3. 转轴弯曲造成与定子相擦（扫膛） 4. 转子铁心与转轴配合过松产生滑动 5. 负载过重或机械部分局部卡死
电动机转速慢	电气方面	1. 电源电压过低 2. 电动机超负载 3. 副绕组没有脱离电源 4. 主绕组有局部短路 5. 主绕组有部分接线错误 6. 转子导条脱焊或严重断裂
	机械方面	1. 轴承损坏或轴承室与轴承配合过紧 2. 转子没有轴窜量，运行发热卡紧 3. 端盖安装不正，没有校正好 4. 负载过重或有机械故障
电动机温升过高	电气方面	1. 主绕组有短路 2. 主副绕组间有短路、接地 3. 副绕组没有脱离电源运行 4. 电源电压过低或过高
	机械方面	1. 电动机超负载运行 2. 轴承损坏，轴承油过多或缺油，有杂质 3. 电动机冷却风道堵塞

（续）

故障现象	故障原因	
电动机运行时有噪声	电磁方面	1. 绕组极性有错接 2. 绕组有局部短路 3. 转子导条脱焊或松动、断裂 4. 铁心硅钢片有个别断裂、振动
	机械方面	1. 纸屑或杂物进入电机内腔 2. 槽楔高出铁心或绝缘纸凸出 3. 风罩开裂或松动 4. 风罩装配位置不正造成与叶片碰擦 5. 风冷却叶片松动 6. 轴承间隙过大 7. 轴承油混入杂质或尘粒 8. 转子的轴向窜量过大 9. 转子的动平衡没有校正好 10. 离心开关部件松动产生机械碰擦

二、机械故障的检修方法

（一）电机轴承的发热原因及改善方法

轴承发热使润滑脂熔化而渗漏，造成滚珠轴承缺油运行，又使进一步发热恶性循环，直至轴承烧坏为止。

单相电动机滚动轴承发热原因及改善方法见表 1-31。

表 1-31 单相电动机滚动轴承发热原因及改善方法

序号	轴承发热原因	检查处理及改善方法
1	润滑脂质量不好或混有杂质	根据使用说明按规定换用新的润滑脂，并检查油中应不含其它杂质
2	润滑脂的注入量不适当	润滑油量应为腔内的 1/2 ~2/3；使用中可打开轴承端盖检查，油量能充满滚珠轴承为合适
3	轴承盖与轴相擦	1. 检查轴、孔配合处有否敲毛，如有应予修整 2. 检查轴承是否磨损，如超过规定应更换

（续）

序号	轴承发热原因	检查处理及改善方法
4	轴承座孔偏心或对孔轴线交叉	校验不符合要求者，可填焊后重新加工
5	轴承与轴颈或座孔配合过松或过紧	检查加工尺寸应使轴承与轴颈、轴承与座孔的配合应符合附录附表 3-1 要求
6	轴承外圈滑动旋转	轴承外圈与轴承座配合应符合附录附表 3-1 要求
7	轴承磨损	检查轴承径向间隙应不大于 0.08mm
8	轴承（转子）游隙不足	检查轴承应有 0.5 ~ 0.75mm 的轴向游隙
9	轴肩过大，磨到轴承密封件	将轴肩车小到轴承内圈外径尺寸
10	转轴弯	拆卸后在精密机床或平台上检查并校正，或更新新轴

（二）轴承损坏的检查方法

滚动轴承损坏后的运行特征是有噪声、振动和发热。轴承损坏通常可由下列方法检查确定：

1）听声音检查　当轴承滚珠损坏，或轴承滚道有砂子、铁屑或其他杂物，运行时会发出不均匀的噪声，严重时可直接听出来并伴随着振动；轻微的也可用螺丝刀一端靠近轴承盖，木柄一端贴在耳边辨别。

2）松动检查　当轴承发出异常噪声时，应检查轴承是否损坏，轴承油是否混入杂质；然后将轴承清洗干净后，用手以轴向摇动轴承外圈应无明显晃动。否则说明轴承磨损过度，应予换新。

3）外观检查　当检查轴承无明显松动时，先检查夹持圈等有无松脱或发蓝变色；滚珠有无锈斑或因金属疲劳造成的脱皮或崩裂现象。如无则用手推动轴承外圈，使其利用惯性转动，并任其自行减速停止。好的轴承在整个自转过程中都是平稳的；如当停止前有倒退或停止前突然卡死时，可再清洗并用压缩空气吹干后再试。如仍无改善说明轴承已有缺陷，应予更换。

（三）损坏轴承的拆卸方法

1）工具拆卸　球轴承常用“拉马”方法进行拉卸，拆卸如图 1-45 所示。将拉钩勾住轴承内圈，螺旋顶杆通过定心钢珠压向轴端，旋动手柄即可将轴承退出。也可利用图 1-46 简单拆卸工具将轴承拉出。

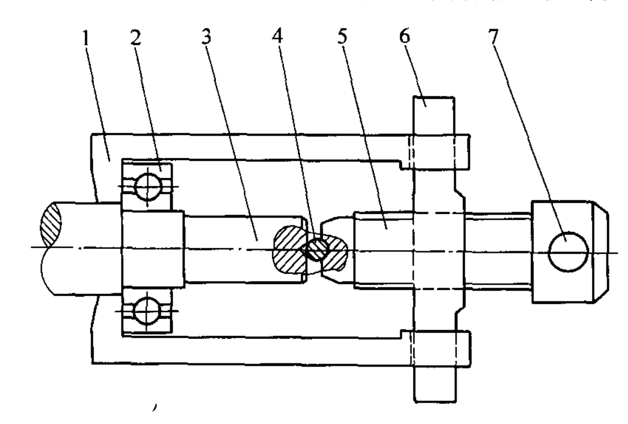


图 1-45　球轴承拆卸工具之一

1—“拉马”钩　2—轴承　3—电机轴端　4—定心钢铁　5—螺旋顶杆　6—“拉马”臂　7—旋柄插孔

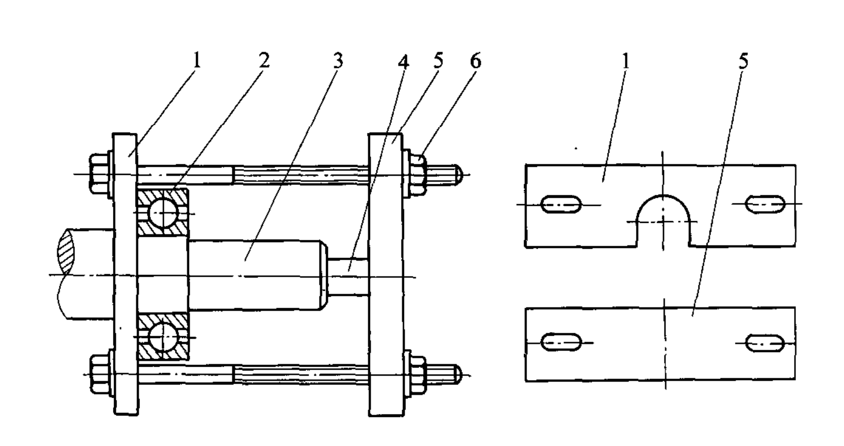


图 1-46　球轴承拆卸工具之二

1—拉板　2—轴承　3—电机轴端　4—垫块　5—压板　6—拉卸螺帽

2）敲落法拆卸　对于内径较小的轴承，可用铜棒或铁棒如图 1-47 所示的方法把轴承敲落。如果轴承后小盖的退位较小，则可用一根长约半米的扁嘴钢撬棍插入轴承内圈上，另一端垫在木块上用手掌压住撬棍，然后用铁锤猛击木块另一端，使钢撬棍受力退出轴承。敲打时要使轴承内圈受力，且要边打边转动，使其平均受力。

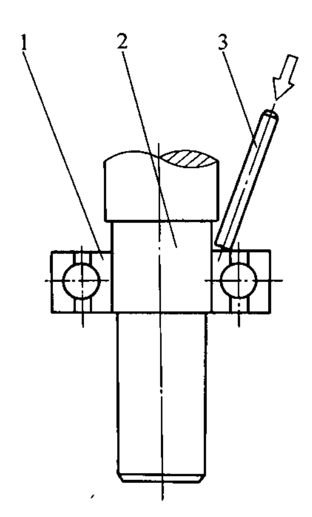


图 1-47　轴承敲落拆卸

1—轴承　2—机轴　3—铜棒

3）加热拆卸　为了不损坏轴承，可先用湿布包住转轴，将加热到 120°C 左右的机油浇淋在轴承内圈上，采用上法边浇边拉，使其退出。这种方法只能在浇油起 3～5min 内有效，时间过长则应待其冷却后重新进行操作。

（四）轴承的装配方法

无论是新、旧轴承，在装配前都要清洗、检查后才能使用。单相电动机轴承的安装一般采用两种方法：

1）热套法　把轴承清洗干净后，悬于热油中加热到 100°C 左右，经 10～15min 取出，迅速套入轴上，并稍加压力将其压到轴肩位。

2）冷压法　冷压安装用于轴径较小的轴承。通常是用一内径稍大于轴承内径的衬套（最好是铜质），一端焊平后用手锤敲打衬套平头将轴承敲人。如有条件，则最好用压力机均匀压入。

（五）转轴的损坏和修理

单相电动机一般功率小，其轴径也不大，如果使用或装配、拆卸不当就容易损坏。转轴的损坏有轴头弯曲、裂纹、断裂、轴颈磨损及键槽损坏等。

对于直径较大的转轴损坏时，可参考三相电动机修理内容进行修复；对小直径的转轴，一般是采用更换新轴来处理，换轴修理请参见本章电扇修理内容介绍。

此外，对于轴径磨损或转轴与转子铁心间松动的故障，如果其他部位良好时，可以将转轴退出，上车床在配合段进行滚花处理后，重新压回转子原位即可修复使用。

三、电气故障的检修方法

（一）离心开关的故障检修

1. 离心开关的结构特点

离心开关是分相起动电动机较常采用的起动装置，它装在电动机内部的转子轴上。起动前，触点处于闭合状态，使副绕组与主绕组并接于电源，当转速约达到 72%～83% 额定值时，由离心力作用而使触点离开，从而切断副绕组电源。

离心开关有甩臂式和簧片式两种。图 1-48 是甩臂式离心开关，它由固定在端盖上并相互绝缘的两半铜环组成的开关两极，转动部分固定在转轴上，并与转子绝缘；三只甩臂是导体，前端镶有电刷均布在半圆铜环圆周上，并由拉簧使与铜环保持接触，当起动转速达到规定值时，甩臂的离心力克服拉簧张力，与铜环脱离接触，从而使铜环两极处于开断状态，切断副绕组电源。

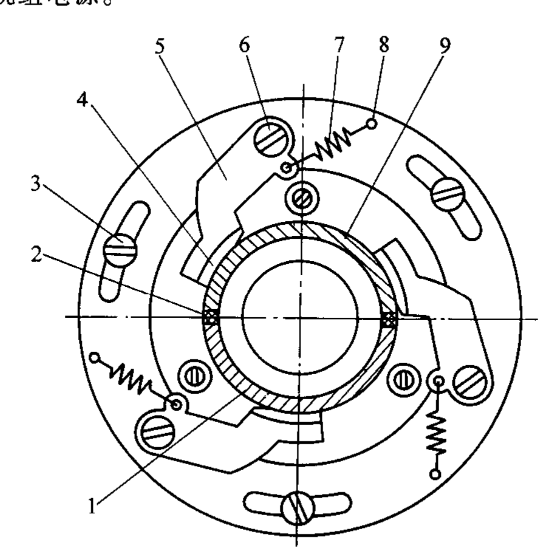


图 1-48　甩臂式离心开关

1—半圆铜环电极　2—绝缘　3—转动部分地座螺栓　4—接触铜刷　5—离心甩臂　6—甩臂支点　7—拉力弹簧　8—支点　9—半圆铜环电极

簧片式开关作用原理与上相似，但结构不同。它由触头簧片及离心机构组成如图 1-49 所示。起动前，簧片由于弹簧拉力的作用而通过离心臂向内收缩，其

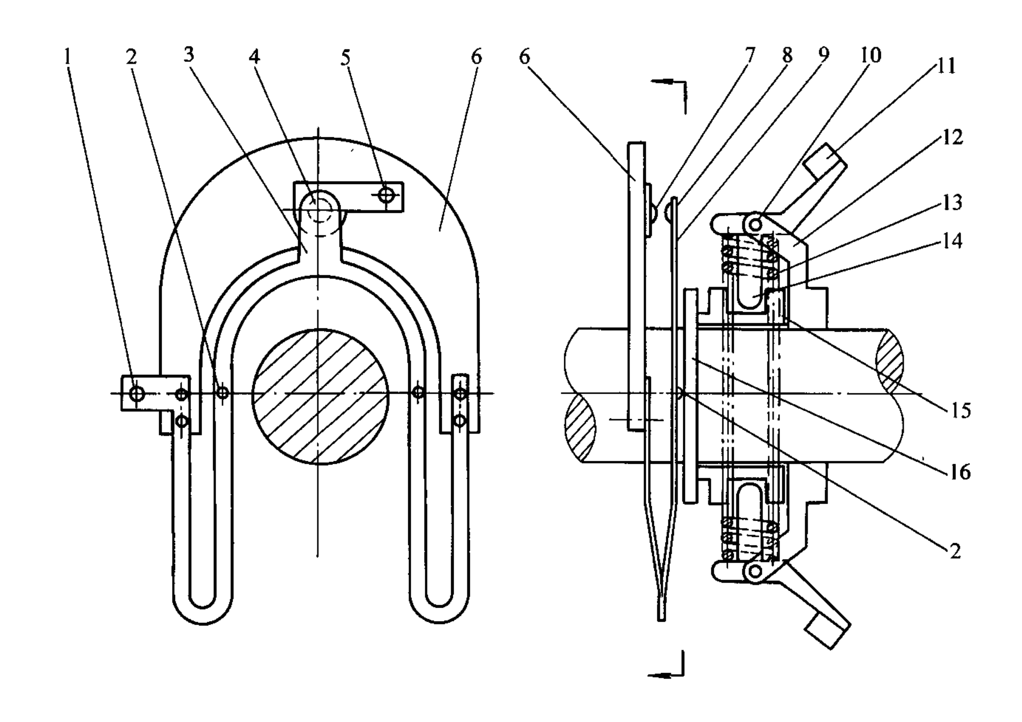


图 1-49 簧片式离心开关结构原理示意（运行状态）

1—动触头引线点 2—顶压点 3—U 形弹簧触头臂 4—触头 5—静触头引线点 6—固定在端盖上的绝缘板 7—静触头 8—动触头 9—U 形弹簧触头臂 10—活梢 11—离心臂重锤 12—支架（固定轴上） 13—张力弹簧 14—拨杆 15—移动滑槽 16—绝缘套

支点压向传动片，使 U 形簧片的动触头与定触头处于闭合状态；起动转速达到一定时，离心臂的离心力克服拉簧的张力而释放传动片，U 形簧片回弹，触点便断开，副绕组也随之脱离电源。

2. 离心开关的故障检修

离心开关的故障主要有开路和短路、接地。开路、短路故障的现象与故障原因见表 1-32。

离心开关故障可采用下列方法检查：

（1）开路故障的电阻检查法　用万用表测量副绕组引出线头，这时可测到约几百欧的副绕组电阻；如阻值很大，说明起动回路有断路故障。若进一步检查，需卸开电机，直接测量副绕组电阻。如正常则说明是离心开关故障，然后按上述原因逐项检查处理；若构件磨损严重则予更换。

（2）触头失灵后离不开的检查法　电容分相或副绕组引线外接的分相电动机，可在副绕组回路中串入电流表，运行时仍有电流则说明触头失灵未断开，应卸开检查原因进行处理。

（二）起动继电器的故障检修

离心开关的结构复杂，故障频次较高，除 YC 系列外，一般都装在电机内部，使检修不便。目前对一些分相起动式专用电动机（如电冰箱压缩机组电机等）都采用起动继电器代替离心开关。

表 1-32 离心开关的故障现象与故障原因

故障现象		故障原因
电动机无法起动	离心开关开路	1. 弹簧失效，无足够的张力使触点闭合 2. 机械机构卡死 3. 触头烧坏脱落 4. 触头簧片过热失效 5. 接线螺丝松脱或线头断开 6. 动静触头间有杂物、油垢使接触不良 7. 触头绝缘板断裂使触点不能闭合
电动机副绕组发热烧坏	离心开关短路	1. 弹簧过硬，使电动机达到预定转速时仍不能断开副绕组电源 2. 机械构件磨损、变形，导致触点不能断开副绕组电源 3. 簧片式离心开关的簧片过热失效 4. 动静触头烧熔粘结 5. 甩臂式离心开关的铜环极间绝缘击穿

1. 起动继电器工作原理

（1）电流型起动继电器　它是常开触点式电磁元

件，其接线原理如图 1-50 所示。触点与电机副绕组串联，继电器电流线圈与主绕组串联，接通电源瞬间，强大的起动电流通过线圈，继电器铁心产生足够大的电磁力，使触点闭合的同时接通副绕组电源使电动机起动。随着转速上升而电流减小，当电流减小到一定值时，电流线圈产生的电磁吸力将不足以克服弹簧张力而释放，触点断开，副绕组脱离电源，电动机进入正常运行状态。

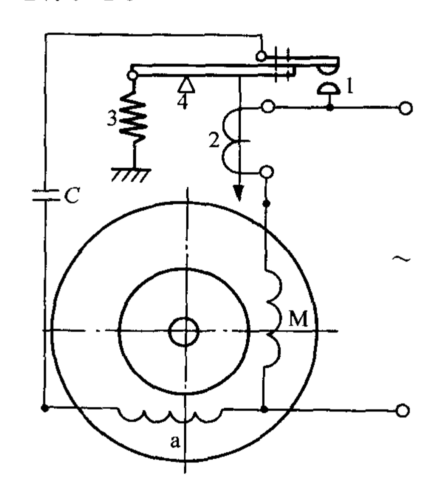


图 1-50 电流型起动继电器结构示意
M—主绕组 a—副绕组 C—电容器
1—常开触点 2—继电器电流线圈及衔铁 3—弹簧 4—支承点

（2）电压型起动继电器 接线如图 1-51，它是常闭触点式电磁元件。接通电源后，主、副绕组都通入电流，电动机起动。此间，由于跨接于副绕组上的电压线圈的阻抗远大于副绕组，故流过的电流很少；随着转速升高，副绕组中的反电势逐渐增大，并联支路中电压线圈电流也逐渐增加，当达到某一数值时，其电磁力使继电器动作，断开触点，切断副绕组电源，电动机进入运行状态。

（3）差动型起动继电器 它综合上述两种继电器的优点设计而成，其接线原理如图 1-52 所示。在衔铁支承点两边各有两只线圈，主绕组与电流线圈串联，副绕组和电压线圈并联后通过触点接入电源。起动前，由于弹簧拉力使触点闭合。当起动过程，主绕组的强大电流使电流线圈产生强大的吸引力而保持触点可靠地闭合；随着电流线圈的电磁力减少，电压线圈的吸引力增大，直至使触点断开副绕组电源。这种继电器的特点是结构较复杂，但工作可靠。

2. 起动继电器的故障

单相电动机用起动继电器有多种型式，其基本结构原理上面已作介绍。下面列出常见故障：

（1）工作失灵 工作失灵是指特性规定的动作不

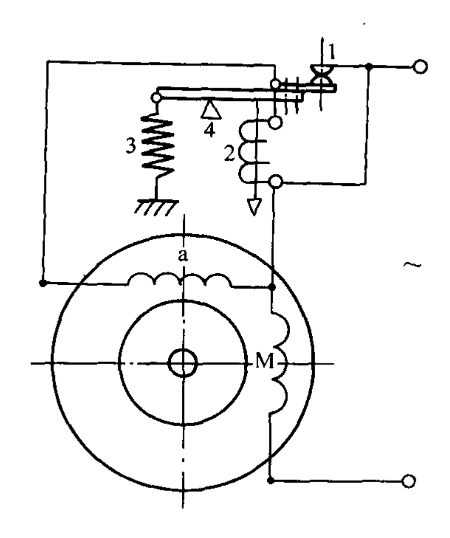


图 1-51 电压型起动继电器结构示意
M—主绕组 a—副绕组
1—常闭触点 2—继电器电压线圈及衔铁
3—弹簧 4—支承点

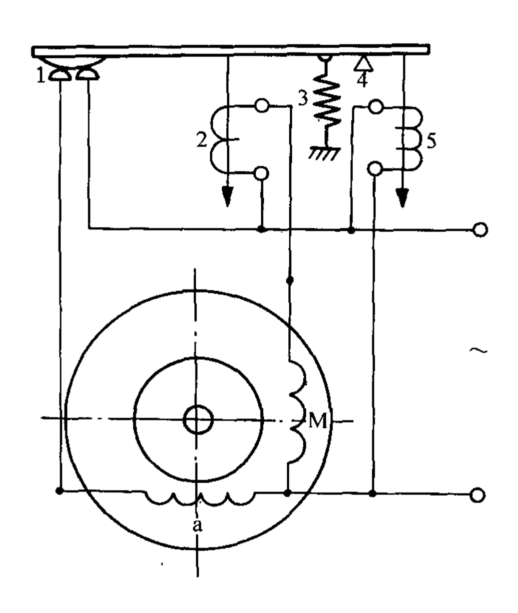


图 1-52 差动型起动继电器结构示意
M—主绕组 a—副绕组
1—常闭触点 2—继电器电流线圈及衔铁
3—弹簧 4—支承点 5—电压线圈及衔铁

能准确完成，从而导致电动机不能起动或烧毁绕组。造成工作失灵的原因主要有：

1）弹簧张力失效 当复位弹簧失效后张力减小，对电流型继电器来说，电动机达到规定转速，其触点仍不能断开，使电机副绕组长时间通电而发热烧坏；对电压型及差动型继电器，则可能会引起触点接触不良，或电动机副绕组在低转速时脱离电源，从而造成起动困难。

2）弹簧调整过硬 继电器弹簧张力过大时与上述情况相反，即在电流型中，触点易跳火，甚至不闭

合，造成电动机副绕组无电而不能起动。电压型及差动型继电器的常闭触点如不能断开，则副绕组长期接入电源而易发热、烧毁。

3）电机重绕参数改变　单相电动机起动继电器的工作特性是根据电动机起动特性调整，若重绕修理的绕组参数（如匝数、线径、电压等）改变后，将与原继电器不匹配，容易引起工作失灵。

4）继电器参数改变　如继电器线圈重绕参数改变后，也会产生上述现象而造成工作失灵。

（2）触头烧坏故障　它可能形成触头开路（脱落）或短路（粘结）现象，从而危及电动机不能起动或发热烧毁。导致故障的原因有：

1）弹簧调节不当　弹簧张力调整过大或过小，都将可能使触头跳火而造成烧蚀或粘结。

2）电机绕组故障　副绕组的短路，会导致产生大电流，引起触头载流能力不足而损坏。

3）触头接地　触头座绝缘损坏发生接地短路，也会烧坏触点。

（3）线圈故障　线圈故障的原因主要有：

1）匝间短路　线圈制造质量不良，或使用中受潮，容易引起线圈匝间短路故障。

2）绕组故障　电动机主绕组发生严重短路，其强大的短路电流可能导致继电器电流线圈烧毁；同时，副绕组中的反电势随增，电压线圈也可能因过电压而损坏。

3. 起动继电器的校验

为确保起动继电器正常工作，应进行特性调整，使与电动机相匹配。校验的线路如图 1-53 所示。

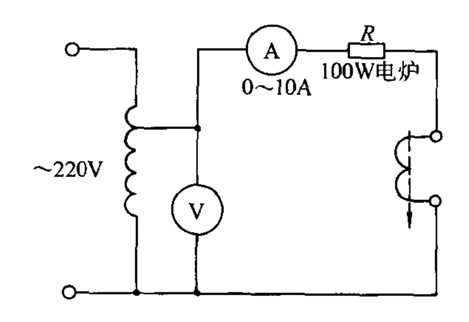


图 1-53　起动继电器电流线圈校验接线

（1）吸合电流校验　接通电源，将变压器电压从零开始慢慢调升，测定衔铁吸合瞬间的线圈电流值。

（2）释放电流校验　使衔铁处于吸合位置，然后调节变压器逐渐降压，当衔铁释放时，测定线圈释放电流值。

分相电动机起动特性的校验值随所驱动的电器的使用特点而异，并且，即使是同类电器，其要求也不一样。继电器的调整一般都是改变弹簧的张力或衔铁相对位置来达到的。由于不同性能的电器选用不同型式的起动器，因此，其具体调整值及调整方法将在家用电器修理中叙述。

（三）分相用电容器的故障检查

1. 电容器的种类与特点

电容器的主要作用是储能和移相。其基本结构是在两电极间隔一层介质，介质可以是气体、固体以及半流体。尽管其材质不同，但都具有同样的性能。分相电动机常用的电容器主要有：

（1）纸介电容器　它以腊纸为电介质，将两片金属薄膜长条隔开后卷摺起来放在金属容器内，两极再分别用导线引出。

（2）油浸纸介电容器　其介质是油浸电容纸并充油封装。这种电容器的绝缘性能好，正确使用不会过份发热，经久耐用，是电容分相运转电动机适用的电容器。

（3）电解电容器　其结构特点与上述电容器不同，它是用金属为一极以附在极板上的氧化层为介质，糊状的电解质作为另一极与介质接触，并由另一金属板引出电极，如图 1-54a 所示。

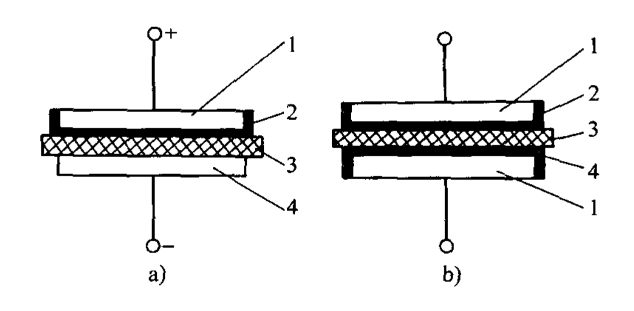


图 1-54　电解电容器的结构
a）直流用单向电解电容器
b）交流用双向电解电容器
1—金属电极板　2—氧化层介质　3—化学电解质（电极）　4—化学电解质（非电极）

电解电容器特点：

1）介质极薄，可制成大容量小体积的电容器；

2）电解电容器介质击穿后，由于电解质在化学作用下会产生新的氧化层，故可自动恢复；

3）它具有单向储电作用，电源“+”极只能接氧化层电极，否则，将成为导体。

所以，上面的电解电容器只适用于极性不变的直流电，图 1-54b 所示的电解电容器则适用于交流电。

单相分相电动机常用的电容器型号、规格如表 1-33 所示。

表 1-33　单相分相电动机适用的电容器型号、规格表

型　号	名　称	标准容量/μF	工作电压/V
CZJJ	交流密封金属化纸介电容器	0.47，1，2，4，6，8，10，15，22，33	250,(350),400,(500),630,1000
CZJJ1			350
C106	交流密封纸介电容器		250,(350),400,(500),630,1000
CZMS	电扇用密封纸介电容器	1，1.2，1.5，2，2.2	250，(350)，(450)
CD	铝壳电解电容器	5，10，20，50，100，150，200，500	150，250，300，350，400，450

2. 电容器的故障与检查方法

单相分相电动机用的电容器通常都在 0.5μF 以上。一般的检查是用万用表（R×100）欧姆档检测电容器两极，若表针检测初始阻值很小，并随测量时间而逐渐变大，然后调换表笔再测也出现相同现象者，说明电容器是好的（但也有例外）。否则是电容器有故障。

（1）电容器极间短路的检查方法

1）万用表检查　用万用表欧姆档检测两极，若电阻极小且表针不返回者是极间短路。

2）直流电检查　将一只 3～15W 灯泡与电容器串联后接到 220V 直流电源，若灯泡不亮则电容器无短路；要是灯泡发光，脱离电源后将电容器两极短接无火花则说明极间短路。

3）交流电检查　用 3～15W 灯泡与电容器串联后接入 220V 交流电源时灯泡应发亮，在脱离电源后将电容器两极短接，如有火花说明电容器还可工作；若无火花则电容器损坏。

（2）电容器两极开路的检查方法

1）万用电表检查　用万用表测电容器两极电阻，若电阻值很大，即表针不动，无充放电现象，则是线端与极片脱离开路故障。

2）交流电检查　电容器与 8～25W 灯泡串联后接入 220V 交流电源，若灯泡不亮且在脱离电源后将两极短接无火花，则是电容器两极开路故障。

（3）电容器外壳带电及其处理方法　引进电容器外壳带电故障有制造质量的原因，也有线路结构原因。

1）制造质量不好　电容芯子固定工艺不良，运输过程中受振动而降低绝缘强度，导致电容器外壳带电。

2）制造工艺不良　在油浸金属化纸介电容器的极板上，由于工艺不完善，喷涂金属层时出现金属颗粒，容易在边缘形成尖角，不但减少了绝缘距离，同时还容易引起尖端对地放电途径而使外壳带电。

3）材料质量缺陷　电容器壳盖采用胶皮封装时，若质量不好则容易受潮，使表面电阻急剧下降，也可能使外壳带电。

4）线路结构的原因　为满足性能上的要求，电容起动运转电动机常用串、并联电容器线路，如图 1-55，若 C_1、C_2 的公共极板 A 为外壳，且 $C_1 \approx C_2$ 时，A 点便形成高电位，从而使外壳带电。

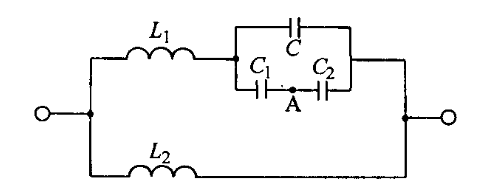


图 1-55　单相电容起动、运转电动机的接线

L_1—副绕组　L_2—主绕组

所述线路结构造成的外壳带电，一般与地不会构成完整的回路，人体接触也不致有大的损害。消除的办法，一是电容器外壳加罩绝缘塑料管套；另外是将外壳接地，使与地等电位。对于前述质量原因造成的接地，一般只能更换新的电容器来排除故障。

3. 电容器的失效及电容量测定方法

电容器的失效从广义上来说包括所有故障内容，这里所指是电容器充放电的能力降低；导致容量变化，除故障引起的原因外，还有过电压及制造材料、工艺不良等所致。电容量的不足可能导致电动机起动性能及运行性能恶化。

电容器容量的测定方法：

1）电压-电流表法　在电容电路中，当外加正弦电压作用下，电流与容抗的关系符合欧姆定律，如图 1-56 检测即可由下式求取电容器的电容量

$$C = \frac{I}{2\pi f U} \times 10^6 \ (\mu F)$$

式中　U——电容器两端外加的试验电压，V；

I——电容电路中的电流，A；

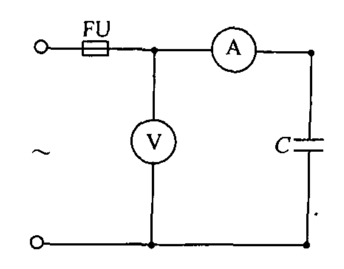


图 1-56 电容器的电压-电流表检测

f——试验电源频率，Hz；

C——被测电容器电容量，μF。

2）电容量的直读测量法 测量线路如图 1-57 所示。图中 R 是标准电阻箱的无感电阻，其值根据测量范围由表 1-34 选取。测量时，先将开关 S 倒向 L，并把电压调至表中选定数值；然后将开关转换到 R 侧，所测得的电压值（V）即是电容量（μF）。

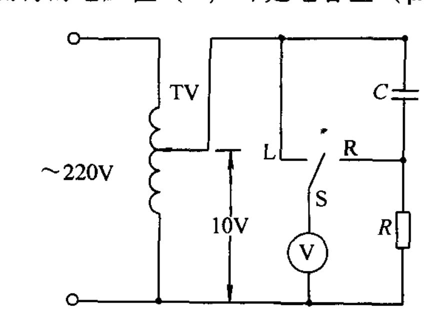


图 1-57 电容器测量线路

TV—调压器 V—电压表（高内阻数字式）

C—被测电容器 R—标准电阻箱

表 1-34 电容量测定的电压、电阻值选择表

测量范围 /μF	0.2～4.84	1～24.2	0.637～15.4
测定电压 /V	10	50	31.83
选用标准电阻值 /Ω	318.3	63.66	100

四、绕组故障的检修方法

（一）定子绕组的故障检查

定子绕组是电动机较易发生故障的部件。其常见故障及检查方法如下：

1. 绕组接地的检查

绕组绝缘受损易与铁心或机壳接通后使机壳带电，可能导致设备失控或触电事故。

接地故障的检查方法主要有：

（1）淘汰法 接地故障常用摇表、万用表及试灯检查。检测时用一极接绕组，另一极接金属外壳；测定其绕组对地电阻值极小，或试灯发亮，便说明绕组接地故障。然后解开主、副绕组公共点以区别出接地绕组，再将线圈分段淘汰，直至找出故障线圈。最后，将电机加热，边检测边翻动线圈两端部，以排除线圈在槽口接地的可能性。

（2）高压击穿法 利用高压试验变压器的一极接绕组，另一极接外壳，逐渐调高电压的同时，仔细观察绕组产生火花或冒烟之处，便是故障点所在。

单相电动机绕组接地故障的排除方法与三相电机相同，其修理方法可参照三相低压电动机定子接地故障修理。

2. 绕组短路的检查

绕组过载、温升过高将引起绝缘老化、变质，以及线圈嵌制工艺不良等都可能引起绕组短路故障。故障发生后，轻则电动机电磁转矩降低，发出异常噪声并伴随振动；严重时线圈发热以至烧毁。电动机运行中出现上述异常现象时，应停机进行检查。

（1）短路类型的检查与确定 短路故障分匝间短路、相邻线圈短路及主、副绕组的相间短路。查找故障点需确定其故障类型。通常采用仪表法进行检查，其步骤如下：

1）卸开主、副绕组公共点，用摇表或万用表测主、副绕组，如接通者则是相间短路故障。

2）否定相间短路后，可用万用表测每线圈组的电阻，测得阻值小的一组为故障线圈组。也可通入 50～100V 电压分别检测，若只有一组电压最小者是短路故障线圈组。

3）若所测的相邻两组电阻较小，则应解开此两线圈组的连线；如两线圈不通则可确定上述判断正确；若相通则说明是相邻线圈组间短路。

4）将故障线圈组的线圈分解后，再依上述原理找出短路线圈。

然而，按照目前电机绕组的制作工艺常用连绕法，加之单相电动机导线较细，没有相当丰富的经验是很难找到线圈连结过渡线的。所以对连绕的绕组，仪表法检查难以实施，一般可试用探温法找出故障点。

（2）探温法检查 若电动机虽有短路故障，但尚可通电运行时，可通电空转几分钟；待其外壳可探测一定温度时，立即停机卸开端盖并抽出转子，用手探测绕组端部。根据短路电流在故障点附近必然产生较高的温度来判断故障点。这种方法简单，且能适用于检查各种类型的短路故障，但其效果较差，必须具有丰富的实践经验才能判断出故障点。

(3) 短路电流比较法　如果绕组短路匝数较少，用仪表一般很难找出故障点，这时可用一调压器或输出电压为6～36V的抽头变压器，在低压端串0～10A交流电流表后，分别接入电机各线圈组（或线圈），然后对所测电流进行比较，凡电流较大的便可能是短路故障线圈（组）。

采用此法检查时，测试电压要从低电压开始，试验电压值取决于绕组匝数的多少，对无故障线圈，一般取试验电流略小于电动机的额定电流即可。

(4) 短路探测器检查法　方法参见第七章第九节二所示。探头逐槽检测，并在检测线圈的另一边所在槽口置一铁片，探测器接通电源后，根据变压器原理而感应出电压，若被测线圈有短路故障，其短路电流将引起铁片振动。但要注意用此法检测双层绕组或正弦绕组时，因被测槽中有上、下层线圈边，故应在相隔线圈节距的两侧槽中复检，以便最终确定故障点。

3. 绕组断路的检查

单相小功率电动机一般用线都较细，在检修及装配中容易受机械碰撞破损绝缘层或导线拉断。此外，焊接不良也会引起断路故障。

断路故障一般用万用表检测：

1) 用万用表分别测主、副绕组电阻值以找出断路故障的绕组。

2) 在故障绕组中，用万用表逐组延伸检测电阻，便可找出断路线圈组。

3) 找出线圈连绕过渡线，同理可查出断路故障线圈。

4. 绕组接错的检查

单相电动机一般都采用显极接法，但吊扇电动机中也有庶极接法的。由于单相电动机绕组较三相简单，绕组接错相对较少。然而，目前的正弦绕组都用连绕线圈，如果嵌绕工艺不熟练或工作疏忽，也会发生接线错误。

单相电动机的绕组接错及其检查：

(1) 线圈组极性接反　单相绕组与三相一样，都必须遵循一定的规律接线。其连接极性除用追踪查线法外，还可用指南针检测。检测是在绕组两端线通入低压直流电源，用指南针沿铁心内圆移动，指南针在经过相邻一组线圈时，其极性指示必须相反。违反这一规律的是接线错误的线圈组。

(2) 线圈极性接反　同组线圈中的线圈极性必须一致，否则是接错。检查方法同上。

(3) 绕组混接　绕组混接主要有两种：一是主绕组与副绕组的某线圈组混接；另一种是主、副绕组与中间（调速）绕组混接。绕组混接的情况比较复杂，一般可按绕组短路故障进行检查并纠正。

5. 绕组局部损坏的检修方法

在单相小功率电动机中，因用线较细及连绕制作，特别是家用电器电动机常处于满载运行，故一般电机修理中所采用的穿绕修补法及跳接方法都不适用。但此类电机也有它的特点，因为细导线线圈的端部较软，加热后比较容易拨开，所以对绕组局部接地、短路故障可采用加强绝缘法进行修理。检修方法如下：

拆卸电机后将定子绕组清扫干净，再拆去线圈捆扎线，将绕组烘热到105°C，使绕组绝缘漆软化。用万用表测故障点两端电阻，同时翻动绕组端部，并按线圈拨开，若表针发生变化则说明故障点在附近；再小心拨动线圈，使阻值变化到无限大；然后在拨开处垫上绝缘纸后进行端部复位绑扎；再复检绝缘正常即可滴浸1032号绝缘漆，烘干后便可试车使用。

（二）转子绕组的故障检查

转子制造工艺不良或材料质量不符合要求是造成转子笼条砂眼、断裂故障的主要原因。转子断条后电动机转矩下降，空转时严重发热；但一般空载无异常，带负载后会明显无力并转速下降，甚至带不起负载。

1. 笼型转子断条的检查

(1) 外观检查　仔细观察转子槽口的异常痕迹，如有过热变色点、裂纹、砂眼等均是断条故障的迹象。

(2) 试验比较检查　用同样的完好转子换上试验作比较，以此来确定原来转子是否有缺陷。这种方法在家电维修中常被采用。

(3) 铁粉检测　在转子两端环通入低压强电流，将铸铁粉撒在转子上，并逐渐调高电压，使铁心的磁场增强到能吸附铁粉，凡无铁粉粘附的槽即是笼条断裂的故障槽。

(4) 互感探测检查　互感探测器见《电动机修理手册》单行本《三相交流电动机修理》。它由感应器和探测器组成，当感应器接通电源后，其磁通通过转子铁心及笼条交链到探测器铁心，当探测器铁心跨于断条槽口上时，相当于探测器的短路线圈开路；这时通过铁心的磁通增加，故毫伏表读数增大，说明笼条断裂。

(5) 笼条质量检查仪检查　质检仪电路如图1-58所示。使用时将转子放在两开口变压器T2、T3上，T2绕组由电源变压器T1供电，T2的磁场由被测转子铁心及笼型绕组交链到T3，其交链磁场取决于转子绕组，即被测笼条质量正常时，其感应电流通过T3线圈反映出来，并经晶体放大电路由微安表指示

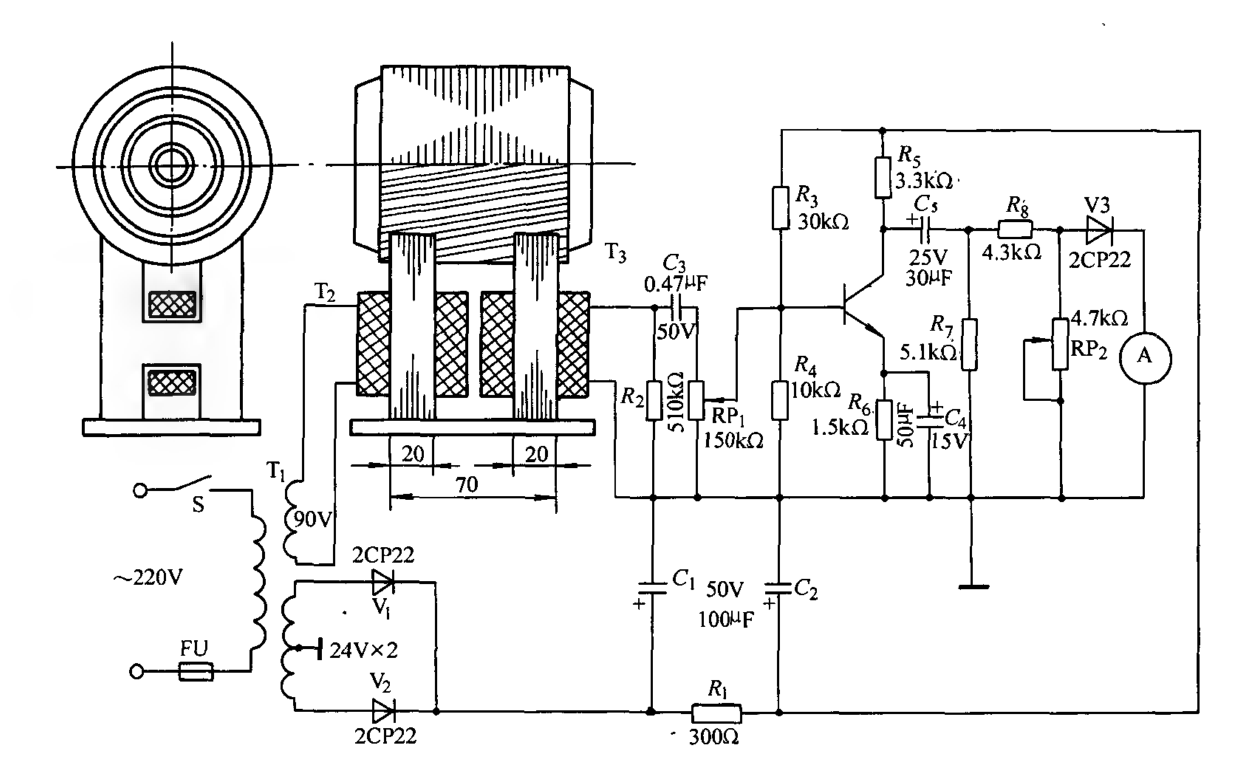


图 1-58 笼型转子质量检查仪电路

数值；若被测笼条断裂或有缺陷，则电流相应减少，视缺陷程度而定。一般有缺陷时将减少为正常值的一半；若完全断裂，则仪表指示得更为明显。因此，它是一种结构简单又使用方便的故障检测仪器。

2. 鼠笼型转子断条的修理方法

单相鼠笼型转子故障和三相电机大致相同，可参考《电动机修理手册》单行本。但由于三相电机转子较大，一般可作重铸修复，但对微型转子损坏后通常都弃而换新。如换新困难或属家电维修点，不妨试用下述方法进行修复：

（1）挤压法　当转子槽内铸铝有个别断裂或砂眼时，可将槽口铸铝向内挤压。此法虽然不能使转子完全恢复，但可在一定程度上减轻故障症状。

（2）换铜条修复法　如果铝条或端环严重断裂，不能用上法修理，但一般家电维修点不具备重铸转子的工艺条件，这时可将端环锯去，选用与转子槽宽相等的钻头将铸铝笼条钻去，并用直径相同的铜条插入孔内，两端打弯，使之重叠成一圈，然后用火焊将其焊接成一端环。对微小的转子，也可用合金锡将两端堆焊成端环，最后车去多余部分，即可使用。

五、电动机重绕计算

电动机绕组烧坏，一般可根据型号查找相应绕组数据进行重绕，如果电动机没有铭牌而且是绕组已被拆卸的空壳铁心，要准确地确定原绕组的数据是困难的，在工厂中常用简易的实用算法求取重绕数据。

（一）分相电动机重绕计算方法

1. 极对数的确定

电动机的极数可根据实际需要，并结合铁心原来参数决定。但作为恢复重绕，对220V50Hz的单相电动机，其极对数可由下式决定：

$$p = (0.35 \sim 0.4)\frac{Q_1 b_{t1}}{2h_{j1}} \quad \text{（取整数）}$$

式中　Q_1——定子铁心槽数；

b_{t1}——定子槽齿宽，cm；

h_{j1}——定子铁心轭高，cm。

2. 电动机功率估算

（1）电动机输入功率由下式估算

$$P_1 = \frac{D_{i1}^2 l B_\delta A n_t}{10^5} \quad \text{(VA)}$$

式中　D_{i1}——定子铁心内径，cm；

l——铁心长度（叠厚），cm；

n_t——同步转速，r/min；

B_δ——气隙磁密，T（特）；$B_\delta = 0.3 \sim 0.7\text{T}$，通常，二极电机取偏小值；电扇类电机一般取 $B_\delta = 0.35 \sim 0.5\text{T}$；

A——线负载，A/cm。一般 $A = 80 \sim 220\text{A/cm}$；台扇类电机取 $A = 120 \sim 160\text{A/cm}$；外转子吊扇取 $A = 100 \sim 130\text{A/cm}$。

（2）额定功率估算　分相电动机从电网中吸取的电能只有小部分作为功率输出，其额定输出：

$$P_2 = P_1 \cos\varphi \cdot \eta \quad (\mathrm{W})$$

式中　$\cos\varphi \cdot \eta$——电能效率。一般只有 0.18～0.68，可假设初选值后，转换到 P'_N 再由图 1-59 选取。

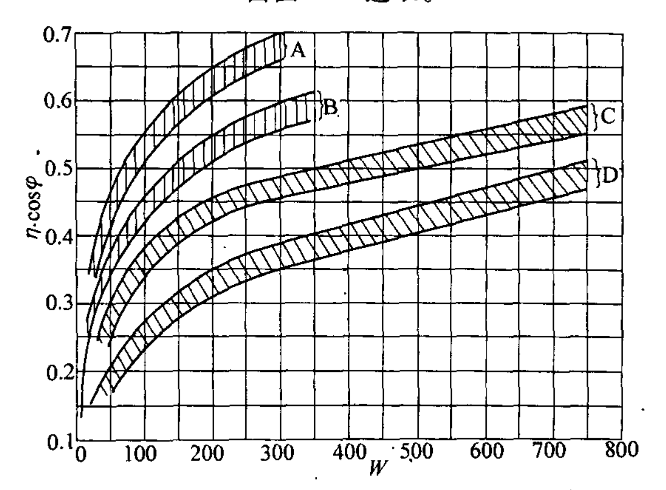


图 1-59　分相电动机的电能效率曲线

A—二极电容运转　B—四极电容运转

C—二极分相起动　D—四极分相起动

3. 电动机电流

（1）输入电流

$$I = \frac{P_2}{U_N \cos\varphi\ \eta} \quad (\mathrm{A})$$

（2）主绕组电流

分相起动电动机

$$I_m = I = \frac{P_1}{U_N} \quad (\mathrm{A})$$

电容运转电动机

$$I_m = \frac{I}{\sqrt{2}} \quad (\mathrm{A})$$

（3）副绕组电流　分相起动电动机副绕组只在起动时接入电源；电容运转电动机副绕组在运行时仍接入电源，其运行电流约为

$$I_a = \frac{I_m}{K} \quad (\mathrm{A})$$

式中　K——变比系数；

$$K = \frac{N_a K_{dpa}}{N_m K_{dpm}}$$

N_m、N_a——主、副绕组匝数；

K_{dpm}、K_{dpa}——主、副绕组系数。

4. 电动机磁密校验

（1）气隙有效磁通

$$\Phi = \alpha \tau l B_\delta \times 10^{-4} \quad (\mathrm{Wb})$$

式中　α——极弧系数，$\alpha = 0.6 \sim 0.7$；

τ——定子极距，cm。

（2）定子齿部磁密校验

$$B_t = \frac{B_\delta t_1}{0.93 b_{t1}} \quad (\mathrm{T})$$

式中　t_1——定子齿距，cm。

齿部磁密计算值不应超过 1.4～1.8T，比较合理的取值是 $B_{t1} = 1.3 \sim 1.6\mathrm{T}$。

（3）定子轭部磁密校验

$$B_{j1} = \frac{\Phi}{1.86 h_{j1} l} \times 10^4 \quad (\mathrm{T})$$

轭部磁密比较合理的取值是 $B_{j1} = 1.0 \sim 1.55\mathrm{T}$，最高不宜超过 1.85T，否则要重选 B_δ 再算。

5. 定子绕组系数计算

（1）分相起动电动机　分相起动电动机的主绕组与副绕组占槽不等时，主、副绕组系数必须分别计算。由于副绕组在起动后脱离电源，为提高铁心的有效利用率，通常都使主绕组占总槽数的 2/3，即 $Q_m/Q_a = 2$；同时，当采用单层绕组时，为消除磁势曲线中的三次谐波，常取 $y = \frac{2}{3}\tau$，这时分相电动机的绕组系数可由下面的简化式求出：

主绕组系数

$$K_{dpm} = \frac{0.75 \times 2p}{Q_m \sin\left(\frac{90°}{\tau}\right)}$$

副绕组系数

$$K_{dpa} = \frac{0.434 \times 2p}{Q_a \sin\left(\frac{90°}{\tau}\right)}$$

式中　Q_m、Q_a——主、副绕组分别占槽数。

（2）分相运转电动机　电容分相运转电动机工作时是“两相”绕组同时投入运行，主、副绕组各占槽数相等，故其绕组系数也相等。

全距单层绕组系数

$$K_{dp} = \frac{0.707}{q \sin\left(\frac{45°}{q}\right)}$$

短距双层绕组系数

$$K_{dp} = \frac{0.707}{q \sin\left(\frac{45°}{q}\right)} \cdot \sin\left(90° \frac{y}{\tau}\right)$$

式中　q——极相组槽数。

（3）分相电动机正弦绕组系数　虽然合理分配主、副绕组可在主绕组中自行消除三次谐波，但 5、7 次谐波依然存在，将可能导致电动机性能下降，甚至不能过渡到正常运转。为了有效地削弱各种高次谐波，近年来，在单相电动机中普遍采用正弦绕组。

绕组系数

$$K_{dp} = \Sigma K_n \cdot \sin\alpha_n =$$

$$K_1\sin\alpha_1+K_2\sin\alpha_2+\cdots+K_n\sin\alpha_n$$

式中　$\alpha_1\cdots\alpha_n$——每极线圈对磁极中心的电角度，可参看本章第一节图 1-19；

$K_1\cdots K_n$——正弦绕组各同心线圈占每极线圈的匝数比值；

$$K_n=\frac{\sin(x_n-x_n')}{\sum\sin(x-x')}$$

式中　$(x-x')$——用槽号表示的同心线圈号。

当主、副绕组采用不同的分布方案时，其绕组系数也不相同，故其计算繁琐，一般可根据选用的正弦绕组分布方案由本章第一节表 1-7 中查得。

6. 主绕组计算

（1）主绕组每相匝数

$$N_{\phi m}=\frac{K_E U_N}{4.44f\Phi K_{dpm}}\quad(\text{匝/相})$$

式中　K_E——压降系数，取 $K_E=0.7\sim0.94$。

（2）每极匝数

$$N_m=\frac{N_{\phi m}}{2p}\quad(\text{匝/极})$$

（3）主绕组导线直径

$$d_m=1.13\sqrt{\frac{I_m}{J}}\quad(\text{mm})$$

式中　J——导线电流密度。一般取 $J=4\sim8\text{A/mm}^2$；对台扇类电机 $J=4\sim7\text{A/mm}^2$；外转子吊扇电机 $J=3\sim5\text{A/mm}^2$；洗衣机电机 $J=4.5\sim7.5\text{A/mm}^2$；脱水机电机 $J=5\sim8.5\text{A/mm}^2$；冰箱压缩机组电机 $J=3.5\sim5.1\text{A/mm}^2$。

7. 副绕组计算

（1）副绕组每极匝数

$$N_a=KN_m\frac{K_{dpm}}{K_{dpa}}\quad(\text{匝/极})$$

式中　K——变比系数。对于高内阻分相起动取 $K=0.4\sim0.7$；电容分相起动 $K=0.75\sim1.25$；电容运转 $K=0.96\sim1.7$。

（2）副绕组线径

$$d_a=t_D d_m$$

式中　t_D——导线直径比值系数。电阻起动取 $t_D=0.45\sim0.75$；电容起动 $t_D=0.55\sim0.8$；电容运转 $t_D=0.73\sim1.07$。一般是 J 系列电机中取较小值；O、O2 等系列电机取较大值。

8. 线负载校验

（1）分相起动电动机

$$A=\frac{2N_{\phi m}I_m}{\pi D_{i1}Q_m/Q_1}\quad(\text{A/cm})$$

（2）电容运转电动机

$$A=\frac{2(N_{\phi m}I_m+N_{\phi a}I_a)}{\pi D_{i1}}\quad(\text{A/cm})$$

电动机实际线负载 A 不应超过给定范围，否则要改选变比系数、电流密度以及占槽比，予以重算。

9. 槽满率校验

分相电动机的槽满率是由各槽中的主、副绕组匝数及导线决定，其校验方法参照三相电动机计算。

10. 分相电容器的选择

（1）起动电容器选择　当电源频率为 50Hz 时，起动电容量

$$C_q=\frac{6600\sqrt{I}}{U_N(1-\eta\cos\varphi)}\quad(\mu\text{F})$$

起动电容器的工作电压

$$U_q\geqslant(0.65\sim1.36)U_N\quad(\text{V})$$

（2）运转电容器选择　当电源频率为 50Hz 时，电容量

$$C_y=2400\frac{I}{2pU_N\cos\varphi}\quad(\mu\text{F})$$

式中　$\cos\varphi$——电动机功率因数，由下式求得

$$\cos\varphi=\frac{\cos\varphi\cdot\eta}{\eta}$$

其中　η——电动机效率。当功率为 25～400W 时，由经验公式求取：

$$\eta=K_g\sqrt{75.7-\left(\frac{P_N}{50}-9\right)^2}+0.215$$

式中　K_g——经验系数。$K_g=0.048\sim0.055$，对分相起动或极数多者取小值；电容运转或极数少者取较大值。

功率大于 400W 的电动机取 $\eta=0.64\sim0.7$

（3）运转电容器的工作电压

$$U_y=(1.42\sim2.3)U_N\quad(\text{V})$$

（二）电容运转电动机重绕计算实例

有一台无铭牌无绕组的脱水用单相电容运转电动机，测得定子铁心尺寸为：内径 $D_{i1}=7\text{cm}$，叠厚 $l=2.04\text{cm}$，轭高 $h_{j1}=0.75\text{mm}$，齿宽 $b_{t1}=0.48\text{cm}$，槽数 $Q_1=24$，试计算重绕参数。

1. 确定电机极对数

$$p=(0.35\sim0.4)\frac{Q_1b_{t1}}{2h_{j1}}=(0.35\sim0.4)\frac{24\times0.48}{2\times0.75}=$$

$$2.69\sim3.07$$

取 $2p=4$ 极

2. 电动机功率估算

（1）输入功率　选气隙磁密 $B_\delta=0.63\text{T}$，线负载 $A=130\text{A/cm}$

$$P_1=\frac{D_{i1}^2 lB_\delta An_1}{10^5}=$$

$$\frac{7^2\times2.04\times0.63\times130\times1500}{10^5}=123\quad\text{VA}$$

（2）额定输出　预选 $\eta\cos\varphi=0.4$ 则预选功率 $P_2'=123\times0.4=49.2$（W），由图 1-59 查得 $\cos\varphi\eta=0.32$，额定输出

$$P_2=P_1\cos\varphi\eta=123\times0.32=39.36\quad\text{W}$$

取 $P_2=40\text{W}$

3. 电动机磁密校验

（1）定子极距

$$\tau=\frac{\pi D_{i1}}{2p}=\frac{3.14\times7}{4}=5.5\quad\text{cm}$$

（2）定子齿距

$$t_1=\frac{\pi D_{i1}}{Q_1}=\frac{3.14\times7}{24}=9.16\quad\text{cm}$$

（3）气隙有效磁通　选极弧系数 $\alpha=0.68$

$$\Phi=\alpha\tau lB_\delta\times10^{-4}=$$

$$0.68\times5.5\times2.04\times0.63\times10^{-4}=$$

$$4.8\times10^{-4}\quad\text{Wb}$$

（4）定子齿部磁密

$$B_t=\frac{B_\delta t_1}{0.93b_{t1}}=\frac{0.63\times0.916}{0.93\times0.48}=1.29\quad\text{T}$$

（5）定子轭部磁密

$$B_{j1}=\frac{\Phi}{1.86h_{j1}l}\times10^4=$$

$$\frac{4.8\times10^{-4}}{1.86\times0.75\times2.04}\times10^4=1.686\quad\text{T}$$

核算铁心轭部磁密稍高，但仍在允许范围。

4. 定子绕组系数计算

定子绕组选用本章第一节图 1-11 的双平面单层同心绕组，且主、副绕组型式相同，故绕组系数

$$K_{dpm}=K_{dpa}=\frac{0.707}{q\sin\left(\frac{45°}{q}\right)}=\frac{0.707}{3\sin\left(\frac{45°}{3}\right)}=0.91$$

5. 绕组匝数计算

（1）主绕组每相匝数　选压降系数 $K_E=0.85$

$$N_{\phi m}=\frac{K_E U_N}{4.44f\Phi K_{dpm}}=$$

$$\frac{0.85\times220}{4.44\times50\times4.8\times10^{-4}\times0.91}=$$

1928　匝/相

（2）主绕组线圈匝数

主绕组线圈数　$N_m=6$

线圈匝数　$w_m=\frac{N_{\phi m}}{N_m}=\frac{1928}{6}=321$　匝

取 $w_m=320$ 匝，则 $N_{\phi m}=w_m\cdot N_m=320\times6=1920$　匝/相

（3）副绕组每相匝数　选变比系数 $K=1.45$

$$N_{\phi a}=KN_{\phi m}\frac{K_{dpm}}{K_{dpa}}=1.45\times1920\times\frac{0.91}{0.91}=$$

2780　匝/相

（4）副绕组线圈匝数

副绕组线圈数　$N_a=6$

线圈匝数

$$w_a=\frac{N_{\phi a}}{N_a}=\frac{2780}{6}=464\quad\text{匝}$$

6. 电动机电流

（1）电动机输入电流

$$I=\frac{P_2}{U_N\cos\varphi\eta}=\frac{40}{220\times0.32}=0.57\quad\text{A}$$

（2）主绕组电流

$$I_m=\frac{I}{\sqrt{2}}=\frac{0.57}{\sqrt{2}}=0.4\quad\text{A}$$

（3）副绕组电流

$$I_a=\frac{I_m}{K}=\frac{0.4}{1.45}=0.276\quad\text{A}$$

7. 导线选择

（1）主绕组线径　选导线电流密度 $J=6.5\quad\text{A/mm}^2$

$$d_m=1.13\sqrt{\frac{I_m}{J}}=1.13\sqrt{\frac{0.4}{6.5}}=0.28\quad\text{mm}$$

选用标准导线 $\phi0.27$mmQZ 型高强度漆包线。

（2）副绕组线径　选比值系数 $t_D=0.8$

$$d_a=t_Dd_m=0.8\times0.27=0.216\quad\text{mm}$$

选用标准导线 $\phi0.21$mmQZ 型高强度漆包线。

8. 线负载校验

$$A=\frac{2\ (N_{\phi m}I_m+N_{\phi a}I_a)}{\pi D_{i1}}=$$

$$\frac{2\ (1920\times0.4+2784\times0.276)}{3.14\times7}=$$

140　A/cm

实际线负载与预选值接近，并在允许范围。

9. 分相电容器选择

（1）电动机运行效率　选经验系数 $K_g=0.053$

$$\eta=K_g\sqrt{75.7-\left(\frac{P_N}{50}-9\right)^2}+0.215=$$

$$0.053\sqrt{75.7-\left(\frac{40}{50}-9\right)^2}+0.215=0.37$$

（2）电动机功率因数由图 1-59 知 $\cos\varphi\eta=0.32$

$$\cos\varphi=\frac{\eta\cos\varphi}{\eta}=\frac{0.32}{0.37}=0.86$$

（3）运转电容器的选择

$$C_Y=\frac{I}{2pU_N\cos\varphi}\times2400=\frac{0.57}{4\times220\times0.86}\times2400=1.8\quad\mu F$$

（4）电容器电压

$$U_Y=(1.42\sim2.3)\ U_N=2\times220=440\quad V$$

选用 500V、2μF 的 CZJJ 型交流密封金属化纸介电容器。

（三）电阻分相起动电动机重绕计算实例

有一附有离心开关的无牌空壳电动机，实测铁心数据如下：定子内径 $D_{i1}=5.1$cm，外径 $D_1=9$cm，定子叠厚 $l=3.8$cm，轭高 $h_{j1}=0.98$cm，定子齿宽 $b_{t1}=0.32$cm，定子槽数 $Q_1=18$。试求电阻分相起动电动机重绕参数。

1. 确定极数

$$p=(0.35\sim0.4)\frac{Q_1b_{t1}}{2h_{j1}}=(0.35\sim0.4)\times\frac{18\times0.32}{2\times0.98}=1.03\sim1.17$$

取电机极数 $2p=2$ 极

2. 电动机功率估算

（1）输入功率　选气隙磁密 $B_\delta=0.4$T，线负载 $A=110$A/cm

$$P_S=\frac{D_{i1}^2lB_\delta An_t}{10^5}=\frac{5.1^2\times3.8\times0.4\times110\times3000}{10^5}=130\quad VA$$

（2）额定功率　选 $\cos\varphi\eta=0.4$

$P'_N=130\times0.4=52$W，查图 1-59 取 $\eta\cos\varphi=0.26$

$$P_N=P_S\eta\cos\varphi=130\times0.26=33.8\quad W$$

取 $P_N=30$W

3. 电动机电流

（1）输入电流

$$I=\frac{P_N}{U_N\eta\cos\varphi}=\frac{30}{220\times0.26}=0.52\quad A$$

（2）主绕组电流

$$I_m=I=0.52\quad A$$

4. 定子绕组型式选择及绕组系数

定子采用正弦绕组，主绕组选自表 1-7 中的方案 14；副绕组用方案 16；展开图如图 1-60。由表 1-7 查得主绕组系数 $K_{dpm}=0.82$，副绕组系数 $K_{dpa}=0.856$。

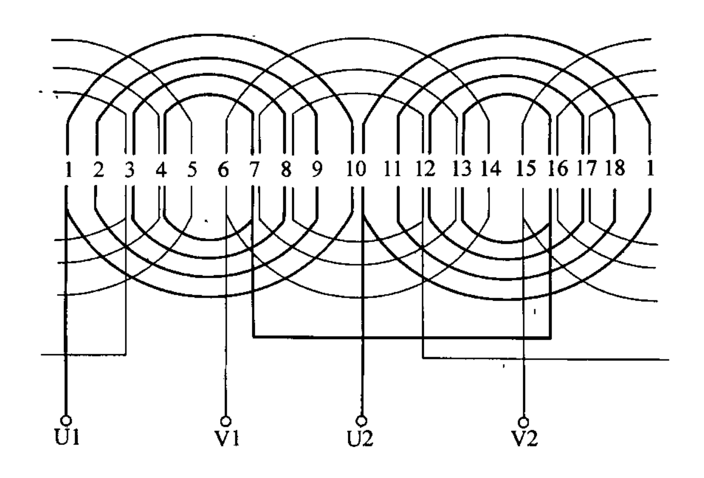


图 1-60　正弦绕组展开图

（$Q_1=18$，$2p=2$）

主绕组各线圈匝数分布百分比：$K_1=18.5\%$、$K_2=34.7\%$、$K_3=28.3\%$、$K_4=18.5\%$。

副绕组各线圈匝数分布百分比：$K_1=39.5\%$、$K_2=34.8\%$、$K_3=25.7\%$。

5. 磁密校验

由计算得极距 $\tau=8$cm，定子齿距 $t_1=0.89$cm

（1）气隙有效磁通

$$\Phi=\alpha\tau lB_\delta\times10^{-4}=0.68\times8\times3.8\times0.4\times10^{-4}=8.268\times10^{-4}\quad Wb$$

（2）齿部磁密

$$B_{t1}=\frac{B_\delta t_1}{0.93b_{t1}}=\frac{0.4\times0.89}{0.93\times0.32}=1.196T$$

（3）轭部磁密

$$B_{j1}=\frac{\Phi\times10^4}{1.86h_{j1}l}=\frac{8.268\times10^{-4}}{1.86\times0.98\times3.8}\times10^{-4}=1.194\quad T$$

校验结果，各部磁密均在合理范围。

6. 绕组匝数计算

（1）主绕组匝数

每相匝数　选 $K_E=0.83$

$$N_{\phi m}=\frac{K_E\cdot U_N}{4.44f\Phi K_{dpm}}=\frac{0.83\times220}{4.44\times50\times8.268\times10^{-4}\times0.82}=1213\quad 匝/相$$

每极匝数

$$N_m=\frac{N_{\phi m}}{2p}=\frac{1213}{2}=606.5\quad 匝/极$$

取 $N_m=606$ 匝/极，则每相实际匝数 $N_{\phi m}=N_m\cdot 2p=606\times2=1212$ 匝/相

每极线圈分配匝数

$w_{1-10}=K_1N_m=1.185\times606=112$ 匝

$w_{2-9}=K_2N_m=0.347\times606=210$ 匝

$w_{3-8}=K_3N_m=0.283\times606=172$ 匝

$w_{4-7}=K_4N_m=0.185\times606=112$ 匝

（2）副绕组匝数　每相匝数：选变比系数 $K=0.5$

$$N_{\phi a}=KN_{\phi m}\frac{K_{dpm}}{K_{dpa}}=0.5\times1212\times\frac{0.82}{0.856}=580\ \text{匝/相}$$

每极匝数

$$N_a=\frac{N_{\phi a}}{2p}=\frac{580}{2}=290\ \text{匝/极}$$

每极线圈分配匝数

$w_{6-14}=K_1N_a=0.395\times290=115$ 匝

$w_{7-13}=K_2N_a=0.348\times290=101$ 匝

$w_{8-12}=K_3N_a=0.257\times290=74$ 匝

7. 导线选择

（1）主绕组线径　选导线电流密度 $J=6.5\text{A/mm}^2$

$$d_m=1.13\sqrt{\frac{I_m}{J}}=1.13\sqrt{\frac{0.52}{6.5}}=0.319\ \text{mm}$$

选用 $\phi0.31$mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

（2）副绕组线径　取比值系数 $t_D=0.67$

$d_a=t_D\cdot d_m=0.67\times0.31=0.207$ mm

选用 $\phi0.21$mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

8. 校验线负载

由绕组布线图查得主绕组占槽 $Q_m=14$ 槽，

$$A=\frac{2N_{\phi m}I_m}{\pi D_{i1}\frac{Q_m}{Q_1}}=\frac{2\times1212\times0.52}{3.14\times5.1\times\frac{14}{18}}=101.2\ \text{A/cm}$$

实际线负载在合理范围。

（四）电容分相起动电动机重绕计算实例

今有一电容起动无绕组电动机空壳，铭牌功率为250W，电流3.1A，转速1420r/min。试求重绕数据。

1. 原始数据

铁心外径　$D_1=128$ mm

铁心内径　$D_{i1}=76$ mm

定子叠厚　$l=59$ mm

齿　　宽　$b_{t1}=3.6$ mm

定子轭高　$h_{j1}=9$ mm

定子槽数　$Q_1=24$ 槽

2. 绕组型式选择

电动机每极槽数是6，拟采用正弦绕组B型布线如图1-61。

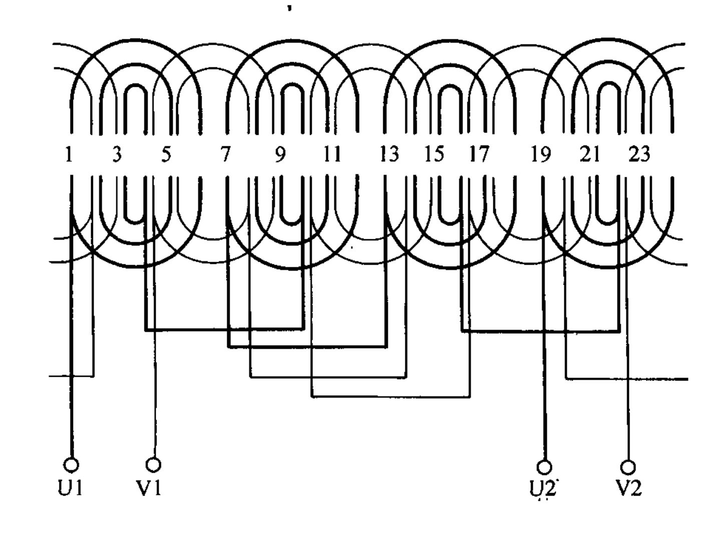


图 1-61　正弦绕组展开

（$Q_1=24$，$2p=4$）

3. 绕组系数计算

正弦绕组系数一般可根据绕组布线型式及每极槽数由表查得；若表中欠缺则可进行计算。本例介绍计算求取法。

（1）参数计算

电动机每槽电角度

$$\alpha=\frac{2p\times180°}{Q_1}=\frac{4\times180°}{24}=30°$$

极距　$\tau=\frac{Q_1}{2p}=\frac{24}{4}=6$ 槽

各线圈对极中心电角度（见本章第一节图1-19）

$\alpha_1=75°$；$\alpha_2=45°$；$\alpha_3=15°$

（2）计算每个线圈节距一半的正弦值

$$\sin(x-x')=\sin\left(90°\frac{y}{\tau}\right)$$

$$\sin(1-6)=\sin\left(90°\frac{5}{6}\right)=0.966$$

$$\sin(2-5)=\sin\left(90°\frac{3}{6}\right)=0.707$$

$$\sin(3-4)=\sin\left(90°\frac{1}{6}\right)=0.259$$

（3）主绕组每极线圈总正弦值

$$\Sigma\sin(x-x')=\sin(1-6)+\sin(2-5)+\sin(3-4)=0.966+0.707+0.259=1.932$$

（4）主绕组每极线圈槽匝比

$$K_1=\frac{\sin\ (1-6)}{\Sigma\sin\ (x-x')}=\frac{0.966}{1.932}=0.5$$

$$K_2=\frac{\sin\ (2-5)}{\Sigma\sin\ (x-x')}=\frac{0.707}{1.932}=0.366$$

$$K_3=\frac{\sin\ (3-4)}{\Sigma\sin\ (x-x')}=\frac{0.259}{1.932}=0.134$$

（5）主绕组系数

$$K_{dpm}=\Sigma K_n\sin\alpha_n=$$
$$K_1\sin\alpha_1+K_2\sin\alpha_2+K_3\sin\alpha_3=$$
$$0.5\sin75°+0.366\sin45°+0.134\sin15°=$$
$$0.776$$

（6）副绕组每极线圈总正弦值

$$\Sigma\sin\ (x-x')=\sin\ (4-9)\ +\sin\ (5-8)\ =$$
$$\sin\ (1-6)\ +\sin\ (2-5)\ =$$
$$0.966+0.707=1.673$$

（7）副绕组每极线圈槽匝比

$$K_1=\frac{\sin\ (4-9)}{\Sigma\sin\ (x-x')}=\frac{0.966}{1.673}=0.577$$

$$K_2=\frac{\sin\ (5-8)}{\Sigma\sin\ (x-x')}=\frac{0.707}{1.673}=0.423$$

（8）副绕组系数

$$K_{dpa}=\Sigma K_n\sin\alpha_n=$$
$$K_1\sin\alpha_1+K_2\sin\alpha_2=$$
$$0.577\sin75°+0.423\sin45°=0.856$$

4. 气隙有效磁通

选极弧系数 $\alpha=0.68$，气隙磁密 $B_\delta=0.6\text{T}$，计算极距 $\tau=5.97\text{cm}$，齿距 $t_1=0.994\text{cm}$

$$\Phi=\alpha\tau lB_\delta\times10^{-4}=$$
$$0.68\times5.97\times5.9\times0.6\times10^{-4}=$$
$$14.37\times10^{-4}\quad \text{Wb}$$

5. 主绕组计算

（1）每相匝数　选 $K_E=0.8$

$$N_{\phi m}=\frac{K_EU_N}{4.44f\Phi K_{dpm}}=$$
$$\frac{0.8\times220}{4.44\times50\times14.37\times10^{-4}\times0.776}=$$
$$711\quad 匝/相$$

（2）每极匝数

$$N_m=\frac{N_{\phi m}}{2p}=\frac{711}{4}=178\quad 匝/极$$

取 $N_m=178$ 匝/极，则每相实际匝数

$$N_{\phi m}=712\quad 匝/相$$

（3）主绕组每极线圈分配匝数

$$w_{1-6}=K_1N_m=0.5\times178=89\quad 匝$$
$$w_{2-5}=K_2N_m=0.366\times178=65\quad 匝$$
$$w_{3-6}=K_3N_m=0.134\times178=24\quad 匝$$

（4）导线选择　选导线电流密度 $J=8\text{A/mm}^2$，分相起动电动机主绕组电流 $I_m=I=3.1\text{A}$

主绕组线径

$$d_m=1.13\sqrt{\frac{I_m}{J}}=1.13\sqrt{\frac{3.1}{8}}=$$
$$0.703\quad \text{mm}$$

选用 ϕ0.71mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

6. 副绕组计算

（1）副绕组每极匝数　选变比 $K=0.87$

$$N_a=K_mN_m\frac{K_{dpm}}{K_{dpa}}=0.87\times178\frac{0.776}{0.856}=$$
$$140\quad 匝/极$$

（2）副绕组每极线圈分配匝数

$$w_{4-9}=K_1N_a=0.577\times140=81\quad 匝$$
$$w_{5-8}=K_2N_a=0.423\times140=59\quad 匝$$

（3）副绕组导线选择　取比值系数 $t_D=0.65$ 副绕组线径

$$d_a=t_Dd_m=0.65\times0.71=0.46\quad \text{mm}$$

选 ϕ0.47mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

7. 校验

（1）定子齿部磁密校验

$$B_{t1}=\frac{B_\delta t_1}{0.93b_{t1}}=\frac{0.6\times0.994}{0.93\times0.36}=1.78\quad \text{T}$$

（2）定子轭部磁密校验

$$B_{j1}=\frac{\Phi}{1.86h_{j1}l}\times10^4=\frac{14.37\times10^{-4}}{1.86\times0.9\times5.9}\times10^4=$$
$$1.45\quad \text{T}$$

（3）线负载校验

$$A=\frac{2W_{\phi m}I_m}{\pi D\dfrac{Q_m}{Q_1}}=\frac{2\times712\times3.1}{3.14\times7.6\times\dfrac{24}{24}}=$$
$$184.7\quad \text{A/cm}$$

校验值均在允许范围。

8. 起动电容器选择

（1）电动机电能效率

$$\eta\cos\varphi=\frac{P_2}{U_NI}=\frac{250}{220\times0.31}=0.366$$

（2）起动电容器容量

$$C_q=\frac{6600\sqrt{I}}{U_N\ (1-\eta\cos\varphi)}=$$
$$\frac{6600\times\sqrt{3.1}}{220\times\ (1-0.366)}=83.3\quad \mu\text{F}$$

（3）起动电容器工作电压

$$U_q=(0.65\sim1.36)\ U_N=$$
$$1.1\times220=242\quad \text{V}$$

选用 100μF、250VCD 型铝壳电解电容器。

（五）重绕电动机的性能调整

电动机绕组重绕计算仅在无法找到原绕组数据的情况下采用。由于单相电动机的理论分析和绕组设计方面的经验积累均没有三相电机完善，特别是单相电动机的变比及分相、起动元件（电容器）的选择，是影响电动机性能的重要因素，其参数的选择既不可孤立地由公式决定，又不能像设计那样利用性能计算来作理论效果检验，从而给重绕计算的准确性增加了难度。为此，根据铁心尺寸估算数据的电动机在重绕修复后，若起动、运行性能达不到使用要求时，可参考表 1-35 进行参数调整。

表 1-35　分相电动机重绕性能参数调整表

序号	性能	可能原因	调整措施	调整后对性能产生的附加影响
1	起动转矩不足	（1）定转子漏抗太大	（1）减少定子绕组匝数	（1）磁路饱和程度增加，引起电磁噪声增加 （2）空载电流增大，$\cos\varphi$ 下降
			（2）适当车小转子外径，增加定、转子气隙	（1）空载电流增大，$\cos\varphi$ 下降，故要慎用 （2）谐波磁场减弱
		（2）转子电阻值太小	（1）适当缩小转子端环截面尺寸，以增加转子电阻	（1）要慎用。车小端环将引起转速降低，机械特性变软 （2）效率相应降低
		（3）电阻分相起动电动机副绕组电阻对主绕组电抗比值过小	（1）适当减少主、副绕组有效匝比	（1）起动电流增加
			（2）减小副绕组导线直径	（1）电流密度增加，发热也随之增加
			（3）线圈采用双回线反绕	（1）能改善散热效果 （2）槽满率增高
		（4）电容分相起动电容器容量不足	（1）适当增大匝比	（1）起动电流增加
			（2）增大电容器容量	（1）起动电流增大，电容器电压升高
2	起动电流过大	（1）漏抗太小	（1）适当增加定子匝数	（1）起动电流减小，机械特性变软 （2）最大转矩及起动转矩下降
		（2）有效匝比选择不当	（1）对电阻分相电动机应适当增加匝比 （2）对电容分相电动机要适当减小匝比	（1）起动转矩减小
		（3）电容器容量选用过大	（3）适当减小电容器容量	（1）电容器工作电压降低 （2）起动转矩减小
3	过载能力太差	（1）定、转子漏抗太大	同序号 1 各项	同序号 1 各项
		（2）定子折算到转子的电阻过大	（1）提高气隙磁密，减少定子匝数	（1）磁饱和程度增加 （2）$\cos\varphi$ 下降 （3）定、转子电抗下降而使起动电流、起动转矩及最大转矩增加

（续）

序号	性能	可能原因	调整措施	调整后对性能产生的附加影响
4	运行效率低	（1）定子铜耗太大	（1）尽量缩短线圈端部长度	（1）增加线圈嵌线难度
			（2）增大线径，降低电流密度	（1）槽满率增高，嵌线困难
			（3）减少定子绕组匝数，使定、转子电阻同时减小，使铁损相对增加	（1）磁密增加，空载电流增大，$\cos\varphi$ 下降 （2）定、转子漏抗减少，起动电流增加
		（2）铁耗过大	（1）增加定子匝数	（1）增加用铜量，修理成本增加 （2）定、转子电抗增大，使起动转矩和最大转矩下降
		（3）机械损耗太大	（1）选用高质量轴承 （2）采用优质润滑油脂	（1）增加修理、材料成本
			（3）提高装配质量	（1）增加技术难度和装配工时成本
			（4）改用新型螺旋式风叶	（1）增加制作难度和成本
5	功率因数太低	（1）空载电流太大	（1）适当降低磁密，增加定子匝数	（1）虽然能在一定程度上提高功率因数，但由于定转子漏抗的增加而导致最大转矩和起动转矩的下降，电抗电流的增大，从而削弱了提高功率因数的效果
		（2）电容运转电动机选择的匝比与电容量匹配不当	（2）调整匝比与电容量的匹配。一般欠补偿时适当增大电容量；过补偿则减少电容量	（1）同序号 1 中可能原因第（4）项 （2）同序号 2 中可能原因第（3）项

六、改压、改极及导线代换计算

（一）改压计算

在进口设备及家用电器中，有时会因使用电压不符国内标准而需改压重绕。

为使电动机保持原有性能指标，单相电动机的改压计算应在原线圈电流密度与每匝承压不变的条件下进行。

1. 改压后的每极匝数

主绕组 $N'_m = N_m \dfrac{U'}{U}$ （匝/极）

副绕组 $N'_a = N_a \dfrac{U'}{U}$ （匝/极）

式中 N_m、N_a——改压前的主、副绕组每极匝数；

U、U'——改压前、后的电压，V。

2. 改压后的导线截面积

主绕组 $A'_m = A_m \dfrac{U}{U'}$ （mm^2）

副绕组 $A'_a = A_a \dfrac{U}{U'}$ （mm^2）

式中 A_m、A_a——改压前的主、副绕组导线截面积，mm^2。

3. 改压后运转电容器的容量

$$C'_y = C_y \frac{A'_m U}{A_m U'} \quad (\mu F)$$

式中 C_y——电动机原来所用电容器容量。

4. 改压后起动电容器的容量

$$C'_q = C_q \frac{d'^2_m U}{d^2_m U'} \quad (\mu F)$$

式中 C_q——电动机原来所用的起动电容器容量。

5. 改压重绕计算实例

某进口电容运转电动机，原使用电压 127V，主绕组每极匝数 $N_m = 216$ 匝，$d_m = 0.55$mm，副绕组每极匝数 $N_a = 237$ 匝，$d_a = 0.51$mm；移相电容量 $C_y = 16\mu F$，今欲改为市电 220V 使用，试求改绕数据。

（1）改为 220V 市电后主、副绕组每极匝数

$$N'_m = N_m \frac{U'}{U} = 216 \times \frac{220}{127} = 374 \quad 匝/极$$

$$N'_a = N_a \frac{U'}{U} = 237 \times \frac{220}{127} = 410 \quad 匝/极$$

改压重绕的绕组型式及各槽导体分配百分比不变。

（2）改压后的导线选择　原导线截面积

$$A_m = 0.785 d_m^2 = 0.237 \quad mm^2$$

$$A_a = 0.785 d_a = 0.204 \quad mm^2$$

改压后导线截面积

$$A'_m = A_m \frac{U}{U'} = 0.237 \times \frac{127}{220} = 0.136 \quad mm^2$$

$$A'_a = A_a \frac{U}{U'} = 0.204 \times \frac{127}{220} = 0.117 \quad mm^2$$

改压后的线径

$$d'_m = 1.13\sqrt{A'_m} = 0.417 \quad mm$$

$$d'_a = 1.13\sqrt{A'_a} = 0.386 \quad mm$$

主绕组选用 $\phi 0.41$mm 标准导线，截面积为 $0.132mm^2$；副绕组选用 $\phi 0.38$mm 标准导线，截面积为 $0.113mm^2$。

（3）改压后运转电容器容量

$$C'_y = C_y \frac{A'_m U}{A_m U'} = 16 \times \frac{0.132 \times 127}{0.237 \times 220} = 5.3 \quad \mu F$$

选用 6μF 标准电容器。

此外，对于电压改变成倍数关系的电动机，可视原绕组的具体情况而考虑采用改变接法进行改压。例如 220V 改为 110V 时，可将原绕组的支路数增加一倍，即原一路串联改为二路并接；若是两路并接的 110V 绕组，同样可改为一路串联的 220V 电动机。当然，不具备改接条件时，就必须进行重绕改压。

（二）改极计算

异步电动机的转速取决于绕组的极数，但对某些场合，如风扇类电动机，则可以采用各种型式的降压来达到减速。但对于负载不随转速平方关系变化或需要提高转速时，就只有采用改变绕组极数来解决。

单相电动机形成的磁场是脉动式不完整的圆形磁场，其各项性能指标都不及三相绕组。因此，定、转子间的配合就更讲究，否则容易产生电磁噪音与振动；严重时甚至无法起动。为使改极的分相电动机能正常使用，在改极计算中应注意如下事项：

1. 定转子槽数配合的选择

为保证电动机的技术性能，定、转子槽数的配合应满足一定的关系：

（1）为避免起动时可能出现的“死点”，槽数应满足下式关系：

$$\frac{Q_1 - Q_2}{2pm} \neq 整数 \qquad 和 \frac{Q_1}{Q_2} \neq 整数$$

式中　Q_1、Q_2——定、转子槽数；

$2p$——绕组极数；

m——定子相数，对分相起动电动机 $m=1$；电容运转电动机 $m=2$。

（2）为避免机械特性 $T=f(s)$ 产生凹点，应满足下式：

$$Q_1 - Q_2 \neq \pm 2p$$

（3）为减少振动与噪声，应使 $Q_1 - Q_2 \neq \pm 1, \pm 2, \pm(2p \pm 1), \pm(2p \pm 2)$

目前国产单相电动机定子槽数上限值是 36 槽，为使改极电机获得平静地运转或获得较好性能，推荐采用表 1-36 的槽配合。

表 1-36　一般单相电动机改极时定转子槽配合推荐参数表

极数 $2p$	定子槽数 Q_1	转子槽数 Q_2
2	12	15, 18
2	16	10
2	18	12, 15, 21
2	24	18, 27, 28, 31
4	12	15
4	16	10
4	18	15
4	24	16, 17, 18, 22, 30
4	36	26, 34, 42
6	36	48
8	24	36
8	36	40

2. 改极电动机的功率

电动机的输出功率近似地与转速成正比，一般由高速改低速时，容量相应减小；反之则容量可以增加。所以，改极时必须考虑改极后能否满足实际功率的需要。

无原始数据电动机的改极通常采用空壳重绕计算；而一般改极是在保留原电机基本性能的条件下进行的。所以，改极电机应在原绕组参数的基础上换算。改极电动机的功率可由下式确定：

$$P' = P \frac{(d'_m)^2}{d_m^2} \quad (W)$$

式中　P——改极前电动机功率，W；

d_m、d'_m——改极前、后主绕组的线径，mm。

3. 铁心磁路饱和程度的校核

改极后的极距改变，使原来比较合理的磁通分布产生不均现象。例如高速改低速时极距缩短，随着每极磁通的减少而轭部磁通就降低，但定子齿部磁通则可能出现磁饱和；反之，低速改高速时则正好出现相反的情况。所以，对增加极数的重绕，核算齿部磁密应控制在 1.85T 以内，最高也不宜超过 2.2T，而且只能在气隙磁密和轭部磁密较低的条件下实施。对于减少极数的改极，要核算轭部磁密，一般可放宽到 1.85T。此外，极距增加也可考虑提高气隙磁密进行改极换算。

气隙磁密由下式求取

$$B_\delta = \frac{66.2K_E U_N}{2p\tau l N_m K_{dpm}}$$

式中符号意义及磁密校验、线负载校验方法可参阅以上重绕计算内容。

4. 改极后主绕组每极匝数

$$N'_m = N_m \frac{2p\tau B_\delta K_{dpm}}{2p'\tau' B'_\delta K'_{dpm}} \quad (匝/极)$$

式中符号意义参照重绕计算内容，其中带“′”符号的是改极后的参数；不带“′”符号的是改极前参数。下同。

改极后的副绕组每极匝数根据原绕组变比算出。线圈匝数分配可参照重绕计算。

5. 改极后的导线选择

改极后一般保持原来电流密度，但每极占槽数及每相串联匝数都改变了，因此，改极后的导线是在主绕组在槽中导体总截面积相等的条件下求取。即

$$A'_m = A_m \frac{N_{sm}}{N'_{sm}} \quad (mm^2)$$

式中 A_m、A'_m——主绕组改极前、后的导线截面积，mm^2；

N_{sm}、N'_{sm}——主绕组改极前、后的每槽平均导体数；由下式求取

$$N_{sm} = \frac{2N_m \cdot 2p}{Q_m} \quad (根/槽)$$

改极后的副绕组导线由原绕组比值系数 t_D 求出。

6. 改极计算实例

有一单相电容运转二极电动机，今需改为 4 极，试求新绕组参数。

（1）原绕组参数

1）铭牌：$P_N = 90W$，$U_N = 220V$，$I = 0.87A$。

2）定子铁心数据（单位：cm）：外径 $D_1 = 9$，内径 $D_{i1} = 4.8$，铁心长（叠厚）$l = 4$，轭高 $h_{j1} = 0.95$，齿高 $h_{t1} = 1.15$，齿宽 $b_{t1} = 0.25$；定子槽数 $Q_1 = 24$；转子槽数 $Q_2 = 18$ 槽。

3）绕组参数：

主绕组线径 $d_m = 0.42mm$，$A_m = 0.138mm^2$；

副绕组线径 $d_a = 0.25mm$，$A_a = 0.049mm^2$。

主、副绕组均采用表 1-7 中方案 22，绕组系数 $K_{dpm} = K_{dpa} = 0.783$。

主绕组线圈匝数分布如下：

$N_{1-12} = 139$，$N_{2-11} = 130$，$N_{3-10} = 111$，

$N_{4-9} = 85$，$N_{5-8} = 53$，$N_{6-7} = 18$；

主绕组占槽数 $Q_m = 24$。

副绕组线圈匝数分布如下：

$N_{7-18} = 195$，$N_{8-17} = 182$，$N_{9-16} = 156$；

$N_{10-15} = 119$，$N_{11-14} = 75$，$N_{12-13} = 25$；

副绕组占槽数 $Q_a = 24$。

（2）改极后槽配合检验

$$\frac{Q_1 - Q_2}{2p'm} = \frac{24-18}{4\times 2} \neq 整数$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{24}{18} \neq 整数$$

$$Q_1 - Q_2 = 24 - 18 \neq 2p = 4$$

$$Q_1 - Q_2 = 24 - 18 \neq \pm 1,\ \pm 2,\ \pm(2p\pm),\ \pm(2p-2)$$

检验改极后的众多条件中，只有振动、噪声的八个条件中的 $Q_1 - Q_2 \neq 2p + 2$ 不能满足，而其他条件均能符合要求，故基本能满足改极条件。

（3）原绕组参数计算

1）极距 $\tau = 7.54cm$

2）每极匝数

主绕组：$N_m = \Sigma N_m = 536$ 匝/极

副绕组：$N_a = \Sigma N_a = 752$ 匝/极

3）气隙磁密 选 $K_E = 0.92$

$$B = \frac{66.2K_E U_N}{2p\tau l N_m K_{dpm}} = \frac{66.2\times 0.92\times 220}{2\times 7.54\times 4\times 536\times 0.783} = 0.529\ T$$

4）主副绕组变比系数

$$K = \frac{N_a K_{dpa}}{N_m K_{dpm}} = \frac{752\times 0.783}{536\times 0.873} = 1.4$$

5）主副绕组导线比值系数

$$t_D = \frac{d_a}{d_m} = \frac{0.25}{0.42} = 0.595$$

6）主绕组每槽平均导体数

$$N_{sm}=\frac{2N_m 2p}{Q_m}=\frac{2\times536\times2}{24}=89\quad 根/槽$$

（4）选用改极布线方案

改为 4 极后的每极槽数

$$Q_p=\frac{Q_1}{2p}=\frac{24}{4}=6\quad 槽$$

由表 1-7 选用方案 6，绕组系数 $K_{dpm}=K_{dpa}=0.804$，主副绕组布线如图 1-62 所示。

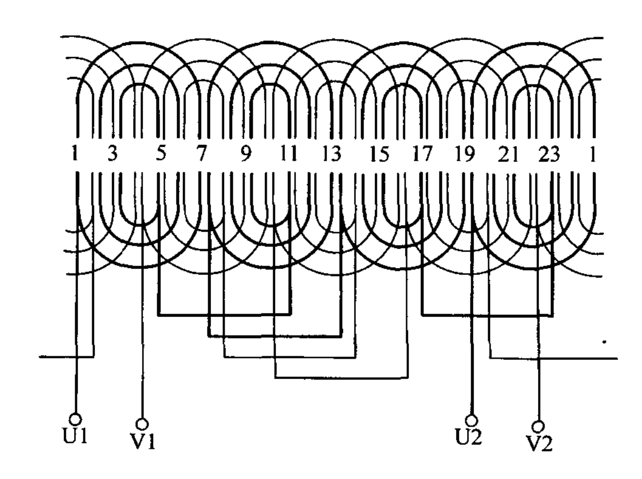


图 1-62 正弦绕组展开（$Q=24$，$2p=4$）

改为四极后，主、副绕组的占槽相等，即

$$Q'_m=Q_a=20\quad 槽$$

（5）改极后主、副绕组匝数计算

1）改极后基本参数计算

① 极距：$\tau'=3.77$cm

② 齿距：$t_1=0.628$cm

③ 气隙磁密　因改绕是增加极数，拟提高气隙磁密，取 $B_\delta=0.68$T。

2）主绕组每极匝数

$$N'_m=N_m\frac{2p\tau B_\delta K_{dpm}}{2p'\tau' B'_\delta K'_{dpm}}=536\frac{2\times7.54\times0.529\times0.783}{4\times3.77\times0.68\times0.804}=405\quad 匝/极$$

3）副绕组每极匝数

$$N'_a=KN_m\frac{K'_{dpm}}{K'_{dpa}}=1.4\times405\frac{0.804}{0.804}=567\quad 匝/极$$

4）主绕组各线圈匝数

$N'_{1-7}=N'_mK_1=405\times0.268=108$　匝

$N'_{2-6}=N'_mK_2=405\times0.464=189$　匝

$N'_{3-5}=N'_mK_3=405\times0.268=108$　匝

5）副绕组各线圈匝数

$N'_{4-10}=N_aK_1=567\times0.268=152$　匝

$N'_{5-9}=N_aK_2=567\times0.464=263$　匝

$N'_{6-8}=N_aK_3=567\times0.268=152$　匝

（6）磁密校验

增极改绕校验齿部磁密

$$B'_t=\frac{B'_\delta t_1}{0.93b_{t1}}=\frac{0.68\times0.628}{0.93\times0.25}=1.83\quad T$$

实际磁密在合理范围。

（7）改极后的绕组导线

1）主绕组每槽平均导线数

$$N'_{sm}=\frac{2N'_m2p'}{Q'_m}=\frac{2\times405\times4}{20}=162\quad 根/槽$$

2）主绕组导线截面积

$$A'_m=A_m\frac{N_{sm}}{N'_{sm}}=0.138\frac{89}{162}=0.0758\ mm^2$$

选取标准线径 $d'_m=0.31$mm

3）副绕组线径

$$d'_a=t_Dd'_m=0.595\times0.31=0.184\quad mm$$

选用标准导线直径 $d_a=0.18$ mm

（8）改极后的输出

1）功率

$$P'_N=P_N\frac{(d'_m)^2}{d_m^2}=90\frac{0.31^2}{0.42^2}=49\quad W$$

取 $P'_N=50$W

2）电动机电流

由图 1-59 查得 $\eta\cos\varphi=0.36$

$$I'=\frac{P'_N}{U_N\eta\cos\varphi}=\frac{50}{220\times0.36}=0.63\quad A$$

3）主绕组电流

$$I'_m=\frac{I'}{\sqrt2}=\frac{0.63}{\sqrt2}=0.44\quad A$$

4）副绕组电流

$$I'_a=\frac{I'_m}{K}=\frac{0.44}{1.4}=0.32\quad A$$

（9）改极后线负载校验

电容运转电动机线负载

$$A=\frac{2(N'_{\phi m}I'_m+N'_{\phi a}I'_a)}{\pi D_{i1}}=\frac{2(N'_mI'_m+N'_aI'_a)2p}{\pi D_{i1}}=\frac{2(405\times0.44+567\times0.32)}{3.14\times4.8}=191\quad A/cm$$

改极后实际线负载在允许范围内。

（10）电动机分相元件选择

1）电动机功率因数

① 效率估算　选 $K_g=0.053$

$$\eta=K_g\sqrt{75.7-\left(\frac{P'_N}{50}-9\right)^2}+0.215=$$

$$0.053\sqrt{75.7-\left(\frac{50}{50}-9\right)^2}+0.215=$$

0.396

② 功率因数估算

$$\cos\varphi=\frac{\eta\cos\varphi}{\eta}=\frac{0.36}{0.396}=0.91$$

2）运转电容器

① 电容量

$$C_y=2400\frac{I}{2pU_N\cos\varphi}=2400\frac{0.63}{4\times220\times0.91}=$$

1.89 μF

② 电容器工作电压

$$U_y=1.42U_N=1.42\times220=312 \quad V$$

由表1-33选用2μF、350VCZJJ型交流密封金属化纸介电容器。

（三）导线代换计算

单相电动机重绕计算中，常以一路串联为基础进行，当绕制时适无此规格导线，可改用多路并联或代换其他规格的导线。

1. 改变线圈并绕根数的导线代换

单相电动机铁心槽口较穿，导线直径稍粗就会造成嵌线困难，特别是低压电动机，常以几根较细的导线代替一根粗导线来绕制线圈，代换的并绕导线总截面积应等于或相当于原截面积。代换导线直径可由下式计算

$$d'=\sqrt{\frac{d^2}{n}} \quad (mm)$$

式中 d、d'——原用、改用导线直径，mm；

n——改用导线的并绕根数。

线圈改用多根导线并绕时，一般应尽量采用相同直径的导线并绕。但代换导线有时不易满足此条件，则可在选用几根不同直径导线并绕时，应使其规格尽量接近，避免用不同粗细过于悬殊的导线并绕。

实例 某低压24V电动机，绕组重绕计算导线直径是2.02mm，拟改用3根并绕，试求代换导线直径。

$$d'=\sqrt{\frac{d^2}{n}}=\sqrt{\frac{2.02^2}{3}}=1.166 \quad mm$$

取ϕ1.16mm标准导线。

2. 改变绕组并联支路数的导线代换

导线代换也可用改变绕组并联支路数来增减线圈并绕根数。这时，导线规格与绕组并联支路数有如下关系

$$\frac{A'}{A}=\frac{a}{a'} \quad 或 \quad \frac{d'^2}{d^2}=\frac{a}{a'}$$

式中 A，A'——原来、代换后的导线截面积，mm^2；

a，a'——原来、代换后的绕组并联支路数；

d，d'——原来、代换后的导线直径，mm。

为确保电动机原有性能，并考虑槽满率不致过高，换算后选用的标准线径的使用误差不宜超过±5%，即

$$\frac{d_b-d'}{d_b}\times100\%\leqslant\pm5\%$$

式中 d'——代换导线直径计算值；

d_b——选用标准导线实际直径。

由于电压不变，其绕组串联匝数也不变，因此，当并联支路数改变后，电动机的每极匝数由下式确定：

$$N_p'=N_p\frac{a'}{a} \quad （匝/极）$$

式中 N_p，N_p'——原来、改变并联支路后的每极匝数。

绕组并联匝数改变后，其绕组型式及各槽导线分配方案与原来相同。但必须注意，改变并联支路数应满足于$2p/a$=整数，否则拟改的并联支路数方案不能成立。

实例 有一台4极电容运转电动机，主绕组N_m=628匝/极，d_m=0.44mm；副绕组N_a=764匝/极，d_a=0.35mm；原绕组是二路并联，现无此规格，试另选导线。

今拟改用一路串联，

$$\frac{2p}{a}=\frac{4}{1}=整数$$

满足改为一路串联的条件。

新绕组导线直径

$$d_m'=d_m\sqrt{\frac{a}{a'}}=0.44\sqrt{\frac{2}{1}}=0.622 \text{ mm}$$

$$d_a'=d_a\sqrt{\frac{a}{a'}}=0.35\sqrt{\frac{2}{1}}=0.495 \text{ mm}$$

选用标准线径：d_m'=0.62mm，d_a'=0.49mm

副绕组选线误差验算

$$\frac{d_{ba}-d_a'}{d_{ba}}\times100\%=\frac{0.49-0.495}{0.49}\times100\%=-1\%$$

误差在允许范围。

绕组改为一路串联后，每极匝数

$$N_m'=N_m\frac{a'}{a}=628\times\frac{1}{2}=314 \quad 匝/极$$

$$N_a'=N_a\frac{a'}{a}=764\times\frac{1}{2}=382 \quad 匝/极$$

绕组型式及各槽导体分布可照原绕组。

第三节 罩极电动机修理

一、罩极电动机的结构与性能

（一）罩极电动机的结构特点

罩极电动机的工作原理是建立在分相电动机基础上，不过副绕组自行闭合而形成罩极短路线圈。定子绕组有分布式和集中式两种。分布式绕组可改善电机运行性能，功率稍大的罩极电动机（如鼓风机等）都采用分布式绕组。绕组布线型式与分相电动机相同，为削弱高次谐波，改善起动和运行性能，目前多采用正弦绕组。集中绕组是凸极式，其圆周利用率低，槽容积占用率也大，故相对用料较多；同时磁极所形成的磁场波形很差，致使运行效率和功率因数都较低，耗费电能较多，所以在功率稍大的电机中已不采用。然而，由于罩极电动机是单相电动机中结构最为简单的一种，且加工制造容易，工作可靠、耐用，对电压波动要求较低，空载及满载的电流变化较小，甚至在转子堵住时，也不致很快烧坏绕组，故目前尚未完全被淘汰，并在较小功率的家用电器中，如小风扇、交流电唱机、微型气泵以及计量仪表中仍被采用。

（二）罩极电动机的起动和调速

由于罩极电动机的容量很小，即使其电能效率很低，而它的电流值也不大，故一般都是直接起动而毋需起动装置。

罩极电动机的调速方式主要有：

（1）降压调速　它是将电阻、电抗或电容串入电动机回路来实现调速的。这种降压调速方式目前在风扇等电器上仍广泛应用。

（2）机械调速　它是由离心滑杆摩擦盘及摩擦力矩控制机构组成的，俗称为鹤嘴式的机械调速器，并通过改变摩擦盘着力点（即摩擦阻力矩）对电动机进行减速。这种调速方式在一些老式电唱机中曾采用，由于这种调速结构较复杂又容易失灵，目前已很少应用。

（3）圆盘磁滞调速　目前多用作电唱机的稳定转速装置，结构原理见本章第五节中电唱机电动机修理。

（4）特殊调速　它是改变电动机绕组结构型式而制成特殊的多速电动机。目前已有实际应用。

二、罩极电动机结构损坏的故障修理

罩极电动机的结构简单而且坚固，又没有电刷等运行摩擦件，如制造工艺精良，转子平衡对称，定子绕组设计合理，再采用滑动轴承，则可消除磁场脉动所产生的振动而达到无声运行的要求，且很少会发生故障，所以常为小功率家用电器所采用。然而，如缺乏一定维护或长期过载等原因，也会引发一些故障。有关运行故障的性质、原因及处理方法，一般都与分相电动机相同。但是，因其结构存在特殊部分，因而就会发生一些特有的故障，例如：

（1）罩极线圈断裂　罩极断裂或焊接不良会引起噪声和振动，起动转矩降低，严重时无法起动。修理时要观察检查，若断裂点在铁心外，可用火焊进行焊接；若断点在铁心内，或经多次断裂而使金属导体呈现疲劳状态时，要将其抽出，用相同直径的铜导线更换后再焊好闭合点。

（2）罩极绕组过热　罩极线圈在运行中处于短路状态，在正常运行时也必然发出热量。当发热过量就会破坏主绕组绝缘，引起短路故障；同时，发热而使铜线表面氧化还可能导致罩极线圈断裂。罩极线圈过热的原因主要有：

1）罩极线圈导线截面过大或线材电阻率过低，均使电阻值过小导致短路电流过大而发热；

2）罩极绕组材料电阻率过高，短路线圈本身所消耗的功率过大也可能导致发热；

3）分布式罩极绕组匝数过多，感应电势高，导致功耗过大而发热；

4）磁通密度选用过高，主绕组匝数过少则每匝电势过大，致使短路电流增加而发热。

因此，罩极绕组过热的故障要通过计算及调整试验才能较好地解决。

（3）漏磁片松动　两磁极极面两端之间的漏磁片松动时，在交流磁场作用下将产生振动而发出铃响似的噪声。检查如发现松动，可将其退出，使凸面向上放在平垫上用小锤轻微敲击，可使其稍为伸展，然后再插入两极端部槽中，其松紧程度以用手推进 2/3 部位，然后要轻敲到位算为适度。

三、罩极电动机的运行故障及原因

（一）罩极电动机起动困难的原因

罩极电动机起动绕组与主绕组的相位差都较分相电机为小，故其起动转矩不大，通常只有满载转矩的 30% ~50%。所以不适用于带满载起动，常用于如小

风扇、电唱机之类轻载起动的负载。

电动机起动困难的原因有：

1）起动电压过低，起动功率转矩相应减小，导致起动困难。

2）罩极短路线圈断裂或磁场线圈烧坏，便无法形成脉动旋转磁场，导致无法正常起动。此外，罩极线圈焊接不良，电阻值过大，也影响电动机起动性能；

3）起动阻力过大，主要是机械故障所引起的摩擦力过大，如含油轴承严重磨损，使转子与定子碰擦，或轴承使用日久，有锈蚀、缺油、油垢阻碍，或带负载起动等原因所致；

4）电动机的起动转矩会因定、转子相对位置不同而有差异，如起动时转子正处于起动转矩最低值（死点）位置时，便会发生“堵转”而不能起动；

5）设计时过分考虑最大转矩而忽略起动性能，致使稍带负载便不能起动；

6）磁通密度选用不当，如主绕组匝数过多时，每匝电势减少，起动转矩也减小。

（二）运转无力的故障原因

如果带动额定负载时显示运行转矩不足，其故障原因可能有：

1）电压过低导致运行功率达不到额定值；

2）轴承缺油或损坏，导致电动机出力消耗在额外新增的机械摩擦损耗上，从而使电动机运行显得出力不足；

3）负载机械损坏卡死，导致过载容量本来就不大的罩极电动机转速变慢，甚至堵转；

4）罩极电阻值过小，导致磁极被罩部分与未罩部分相位失调，脉动旋转磁场畸变，使转矩特性变劣；

5）罩极线圈脱焊，使电动机绕组电抗增大，最大转矩急剧下降，而罩极电动机的满载转矩接近于最大转矩，所以带负载运行时必然导致转速降低，显出运行无力状态；

6）转子笼条或端环断裂，将使电动机运行转矩明显降低。其修理法见分相电动机。

（三）罩极电动机的反转故障

一般的罩极电动机是众多电动机中唯一不能以调换电机接线头极性来获得反转的。因为罩极电动机的转向取决于磁极中的罩极部分所处的位置，即转子必定从磁极的未罩部分转向罩极部分。由此可见，反转故障是由于拆装过程中将定子铁心反向装配入机座所致。因此，拆卸罩极电动机必须做好记号。对倒转的电动机，可将定子铁心从机座中取出后，反向重新装入即可改变转向。

四、罩极电动机的拆装和修理

罩极式专用型电动机（如电扇用电动机）将在电扇修理中叙述；通用型电机的拆装及修理可参考分相电动机修理。下面介绍框架式罩极电动机修理。

（一）线圈的拆修与装配

在线圈铁柱与铁轭的圆弧接合部划上记号。取两块小木块将定子铁轭平放垫高，使线圈框架不碰触工作台面，并检查木板不要碰到线圈心柱，用平冲压住凸出线圈部分（即圆弧接合部位靠线圈端）的铁柱，然后用小锤轮换轻敲线圈两端铁心。若感到很紧，可反面试试，择其较松的一面将铁心柱连同线圈一起退出铁轭，并记住退出面。再把线圈连骨架一起从铁柱中脱出。夹在绕线机上退出线圈的导线，要记录匝数和线径。然后按照原数据重绕。

线圈绕好，包扎绝缘后，套回铁心柱，并经浸漆、烘干处理。然后按退出的相反方向将线圈铁心柱压入定子铁轭，并在铁心接缝处滴入几滴热溶的沥青，使嵌装处更加紧密，以避免可能产生振动与噪声。

（二）轴承及支架的检修与调整

框架式罩极电动机没有普通电动机的外壳及端盖，它的转子是靠轴承支架固定的。检修时只要松开支架螺丝，便可卸掉上下支架，支架反面的球形轴承由挡圈，经弹性压圈、海绵垫固定，将挡圈的铆合凸缘挑开便可取出轴承，用汽油或煤油清洗各零件，检查轴承，如严重磨损可更换新配件，或按电扇修理内容进行修复。

装配则按拆卸相反的程序进行，并要向轴承内孔及海绵垫中注入适量的机油。在装配轴承支架时，应在定、转子间隙中均布插入厚度与气隙相近的条状绝缘纸片或铜皮，然后再旋紧支架螺钉。最后抽出气隙垫入物，要求用手试旋转能灵活、轻巧即可使用。

五、提高性能的重绕计算

（一）电动机增加转矩的改绕计算

如果电动机的负载转矩不足，可将电动机进行超压试验，即让电动机带动负载运行，并通过调压器逐渐升高电压，使能获得所需转矩后再运行一段时间，如无十分过热现象，则可按下式计算改绕数据。

1. 提高转矩后的绕组每极匝数

$$N'_m = N_m \frac{U_N}{U'} \quad (\text{匝/极})$$

式中 N_m——电动机原来每极匝数；

U_N——电动机原来额定电压，V；

U'——获得所需转矩时的试验电压，V。

2. 改绕后的线径

$$d'_m = d_m \sqrt{\frac{U'}{U_N}} \quad (\text{mm})$$

式中 d_m——改绕前的线径，mm。

当然，不是每台电动机都能增加转矩的，若试验中温升过高而不能满足使用要求，则不能采用此法改绕。

（二）改压计算

罩极电动机的效率低、损耗大，故其输出功率很小。但在电压波动下运行的适应性较强，一般可在额定电压 ±20% 的条件下运行，不过这时的温升、转矩都有变化。如运行性能不能满足，或电压改变过多时，必须进行改绕。改变电压的改绕参数如下：

$$N'_m = N_m \frac{U'}{U} \quad (\text{匝/极})$$

式中 N_m、N'_m——改压前、后电动机每极匝数；

U、U'——改压前后电动机的电压，V。

改压后的线径

$$d'_m = d_m \sqrt{\frac{U}{U'}} \quad (\text{mm})$$

式中 d_m——电动机原来线径，mm。

如果电动机改变电压是比原来降低一半时，即原来 220V 改为 110V，则可将线圈由一路串联改为二路并联，无需改绕。

（三）空壳电动机重绕计算

由于罩极电动机存在短路线圈罩极部分而使运行动态变得复杂，成为单相电动机设计理论上的一个难点。所以罩极电动机的重绕数据估算的准确性也就相对较差。其实用计算方法如下：

1. 电动机计算功率

当电源频率 $f = 50\text{Hz}$ 时由下式估算

$$P_S = \frac{\alpha D_{i1}^2 l B_\delta A}{18.3p} \quad (\text{VA})$$

式中 α——极弧系数，$\alpha = 0.6 \sim 0.9$；

D_{i1}——定子铁心内径，cm；

l——定子铁心叠厚，cm；

p——电机极对数；

B_δ——气隙磁密，一般小功率的 2 极台扇取 $B_\delta = 0.3 \sim 0.42\text{T}$；4 极台扇及稍大功率电机（如吊扇等）取 $B_\delta = 0.45 \sim 0.75\text{T}$；较大功率的鼓风机取 $B_\delta = 0.65 \sim 0.8\text{T}$；

A——线负载，一般取 60 ~ 200A/cm。

2. 电动机电流

$$I = \frac{P_S}{K_E U_N} \quad (\text{A})$$

式中 K_E——压降系数。取 $K_E = 0.8 \sim 0.94$，大功率取大值。

3. 磁密校验

（1）定子轭部磁密

$$B_{j1} = \frac{\sigma \Phi}{1.86 h_{j1} l} \times 10^4 \quad (\text{T})$$

式中 σ——主绕组漏磁系数，分布绕组 $\sigma = 1$，集中凸极绕组 $\sigma = 1.1 \sim 1.16$；

h_{j1}——定子轭部高度，cm；

Φ——有效磁通，Wb。计算同分相电动机。

轭部磁密的合理范围，凸极式取 $B_{j1} = (0.8 \sim 1.0)$ T；隐极式取 $B_{j1} = (1.1 \sim 1.55)$ T，最高不得超过 1.8T。

（2）定子齿部磁密

$$B_{t1} = \frac{1.57\Phi}{0.93 Q_p b_t l} \times 10^4 \quad (\text{T})$$

式中 b_t——定子铁心槽齿部宽度，对凸极式电动机是指凸极宽度，cm；

Q_p——每极槽数，$Q_p = \frac{Q_1}{2p}$ 槽。

齿部磁密的合理范围，凸极式 $B_t = (0.8 \sim 1.0)$ T；隐极式分布绕组 $B_t = (1.5 \sim 1.8)$ T，最高不宜超过 1.9T。

4. 主绕组每极匝数

当 $f = 50\text{Hz}$ 时由下式计算

$$N_m = \frac{K_E U_N}{222 \Phi 2p K_{dpm}} \quad (\text{匝/极})$$

式中 $2p$——极数；

K_{dpm}——主绕组系数。集中绕组 $K_{dpm} = 1$；分布绕组同分相电动机。

5. 导线选择

线径由下式计算

$$d_m = 1.13 \sqrt{\frac{I}{J}} \quad (\text{mm})$$

式中 J——导线电流密度。一般小功率电机取 $J = 3 \sim 5\text{A/mm}^2$；较大功率如鼓风机等可取 $J = 4.5 \sim 6.5\text{A/mm}^2$。

选用标准导线后，可进行实槽校验，视其松紧程度调整线径。

6. 罩极绕组计算

（1）凸极式电机短路环计算　凸极式罩极电动机的罩极绕组（短路环）通常为1匝，当被罩极面为1/3时，短路环截面积由下式估算

$$A_z = (1\sim2)\frac{l_{pz}N_m A_m}{l_{pm}2p} \quad (\mathrm{mm}^2)$$

式中　l_{pm}——主绕组线圈平均匝长，cm。可根据铁心实测；

l_{pz}——罩极环平均匝长，cm。由铁心实测；

A_m——主绕组导线截面积，mm^2。

（2）分布式罩极绕组计算

1）分布式罩极绕组的布线方式　分布式罩极电动机的主绕组布线与分相电动机相同，但罩极绕组的磁势轴线与主轴线相交约为45°电角。罩极绕组采用同心式线圈，它可以设计成各自短接，也可设计成连绕后短接。罩极绕组的起始槽视电机所需转向而定，但必须安排在主绕组每极线圈的对称一侧，如图1-63所示，使其罩住主极面的1/2～2/3。因此，罩极绕组同心线圈的最大节距由下式选择：

$$y_z = \left(\frac{1}{2}\sim\frac{2}{3}\right)\frac{Q_1}{2p} \quad (\text{槽})$$

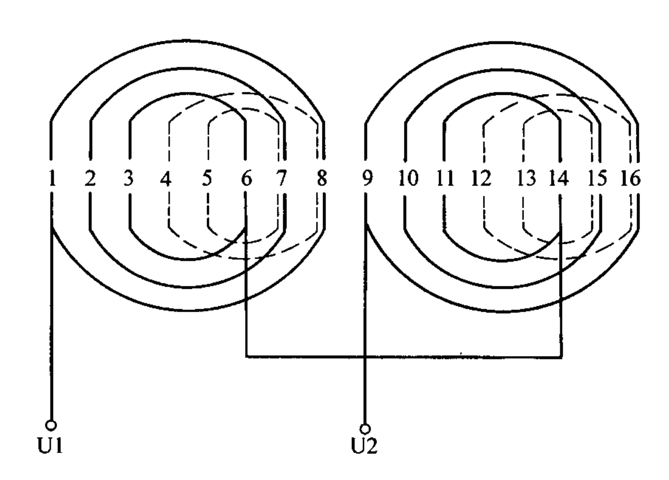


图1-63　分布式罩极绕组展开

（$Q_1=16$，$2p=2$）

——代表主绕组　----代表罩极绕组

2）罩极绕组导线选择。罩极绕组线径由下式决定：

$$d_z = (1.73\sim2.5)\,d_m \quad (\mathrm{mm})$$

式中　d_m——电动机主绕组导线直径，mm。

3）罩极绕组匝数。绕组匝数由下式计算：

$$N_z = \frac{P_z\rho L_b}{e^2 A_z} \quad (\text{匝})$$

式中　P_z——罩极绕组消耗功率，W；一般取

$$P_z = 20\sim30 \quad (\mathrm{W})$$

ρ——罩极绕组材料的电阻率，Ω·cm；铜材取$\rho_{20}=1.8\times10^{-2}$（Ω·cm）

e——每匝电势，V/匝。可由下式估算

$$e = \frac{U_N}{2pN_m} \quad (\mathrm{V}/\text{匝})$$

L_b——每匝平均长度，m，根据罩极绕组的平均节距，在铁心中试绕实测；

A_z——罩极绕组导线截面积，mm^2。

（四）罩极电动机重绕计算实例

有一台鼓风机用的罩极电动机无绕组、铭牌，经实测铁心内径$D_{i1}=4.8\mathrm{cm}$，叠厚$l=3\mathrm{cm}$，齿宽$b_{t1}=0.5\mathrm{cm}$，轭高$h_{j1}=1.2\mathrm{cm}$；定子槽数$Z_1=16$槽。现欲求二极绕组重绕数据。

1. 绕组型式选择

为提高电动机起动和运行性能，主绕组拟采用正弦绕组。

每极槽数　$Q_p=\dfrac{Q_1}{2p}=\dfrac{16}{2}=8$　槽

拟选用表1-7中的方案8，绕组系数$K_{dpm}=0.827$

各槽线圈匝数分配百分比：$K_1=41.1\%$；$K_2=35.1\%$；$K_3=23.8\%$。

2. 每极磁通

选$\alpha=0.65$，$B_\delta=0.71\mathrm{T}$，极矩$\tau=7.54\mathrm{cm}$。

每极磁通

$$\Phi=\alpha B_\delta\tau l\times10^{-4}= 0.65\times0.71\times7.54\times3\times10^{-4}= 10.44\times10^{-4}\mathrm{Wb}$$

3. 磁密校验

（1）定子轭部磁密　取$\sigma=1$

$$B_{j1}=\frac{\sigma\Phi}{1.86h_{j1}l}\times10^4= \frac{10.44\times10^{-4}}{1.86\times1.2\times3}\times10= 1.559\quad \mathrm{T}$$

（2）定子齿部磁密

$$B_{t1}=\frac{1.57\Phi}{0.93Q_pb_tl}\times10^4= \frac{1.57\times10.44\times10^{-4}}{0.93\times8\times0.5\times3}\times10^4= 1.469\quad \mathrm{T}$$

校验磁密均在合理范围。

4. 主绕组匝数计算

（1）主绕组每极匝数　选$K_E=0.93$

$$N_m = \frac{K_E U_N}{222\Phi 2pK_{dpm}} =$$

$$\frac{0.93 \times 220}{222 \times 10.44 \times 10^{-4} \times 2 \times 0.827} =$$

534 匝/极

（2）每极线圈匝数分配

$\omega_{1-8} = K_1 N_m = 0.411 \times 534 = 220$ 匝

$\omega_{2-7} = K_2 N_m = 0.351 \times 534 = 187$ 匝

$\omega_{3-6} = K_2 N_m = 0.238 \times 534 = 127$ 匝

5. 电动机电流

（1）电动机计算功率　选 $A = 95\text{A/cm}$

$$P_1 = \frac{\alpha D_{i1}^2 l B_\delta A}{18.3p} =$$

$$\frac{0.65 \times 4.8^2 \times 3 \times 0.71 \times 95}{18.3 \times 1} =$$

166　VA

（2）电动机电流

$$I = \frac{P_1}{K_E U_N} = \frac{166}{0.93 \times 220} = 0.81 \quad \text{A}$$

6. 主绕组导线直径

选导线电流密度 $J = 5.8\text{A/mm}^2$

$$d_m = 1.13\sqrt{\frac{I}{J}} = 1.13\sqrt{\frac{0.81}{5.8}} =$$

0.42　mm

选用 ϕ0.41mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

7. 罩极绕组计算

（1）罩极绕组线径

$d_z = (1.73 \sim 2.5)\ d_m =$

$(1.73 \sim 2.5) \times 0.41 =$

$0.71 \sim 1.025$ mm

选用 $d_z = 0.9\text{mm}$ 铜导线，导线截面积为 $A_z = 0.636\text{mm}^2$。

（2）分布式罩极绕组最大线圈节距

$$y_z = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}\right)\frac{Q_1}{2p} = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}\right) \times \frac{16}{2} =$$

4 ~ 5.28　槽

罩极绕组采用每极两线圈，其节距分别为

$y_{z1} = 5$（1 ~ 6）槽；$y_{z2} = 3$（2 ~ 5）槽

（3）罩极绕组每线圈匝数　由铁心试绕实测每匝平均长度 $L_P = 0.42\text{m}$。

1）每匝电势

$$e = \frac{U_N}{2pN_m} = \frac{220}{2 \times 534} = 0.206 \quad \text{V/匝}$$

2）绕组匝数

$$N_z = \frac{P_z \rho L_P}{e^2 A_z} = (20 \sim 30)\frac{1.8 \times 10^{-2} \times 0.42}{0.206^2 \times 0.636} =$$

5.6 ~ 8.4　匝

选 $N_z = 6$ 匝。每极为 2 只线圈，每只线圈为 3 匝，两线圈串联后短接。

六、罩极电动机重绕性能的调整

（一）起动性能的调整

由于结构上的原因，罩极电动机的起动转矩要比其他单相电动机小；如果堵转转矩大于起动转矩，便会产生“死点”，造成转子在某些位置上不能起动，这使罩极电动机重绕修理后容易发生的故障。对此，可采取以下措施调整：

1. 降低堵转转矩

因为产生“死点”的根本原因是气隙内磁场的非正弦分布，使出现高次谐波磁场而产生制动（堵转）转矩。因此，减少磁场畸变可有效地削弱气隙内的高次谐波磁场。对一般的绕组型式可改用正弦绕组来减弱堵转转矩，从而消除起动的“死点”。

2. 增加起动转矩

其具体方法是：

（1）增加起动绕组线圈的跨距　起动线圈如跨距过小，可增大跨距以增加罩极部分面积为增强罩极磁场；但跨距过份增大则主、副绕组磁场相位角减小，反而降低起动转矩。此外，当起动转矩增加的同时，运行转矩也相应减小，故应综合权衡利弊。一般跨距不宜超过 2/3 的极距。

（2）增加罩极绕组与主绕组的磁场相位角　主、副绕组相位角增加可增加起动转矩，但限制了罩极面积，反而影响起动转矩。所以其相位角以 45°电角为宜。

（3）改变绕组线径　改变罩极绕组线径即改变电阻，从而改变罩极电流以改变罩极内磁场。改变的线径是否合适，必须通过计算及实验来确定。

（4）改变罩极绕组材质　其效果与改变线径基本相同。

（二）起动绕组过热的调整

（1）调整罩极绕组尺寸

1）适当减少罩极线圈导线截面积；

2）适当增加罩极绕组匝长，将每圈自行短接改为双圈连绕串联后再短接。

（2）改变罩极线圈材质，将紫铜罩极圈改为黄铜、磷铜或铜基合金电阻线。

（3）如采取前两项措施仍不能完全消除发热厉害，则必须增加主绕组的匝数来降低罩极绕组电势。

第四节　交、直流两用串励电动机修理

交直流两用串励电动机的故障除定子绕组外，还包括电枢绕组与换向器故障。在结构上虽同直流电机相似，但体积和修理工艺与其有差异；它同一般单相电动机相比，其故障机率和复杂性要大得多。因此了解它的结构与性能特点，对维修很有必要。

一、交、直流两用串励电动机的结构与特点

(一) 交直流两用串励电动机基本结构

交直流两用串励电动机又称通用电动机，是单相小功率电动机中最常见的一种型式。其结构主要由机座、端盖、定子铁心及电枢组成。

1. 机座和端盖

通常由铸铝或钢板、铸铁制成。外形多为筒形，专用电机则根据需要而设计成其他形状。机座和端盖是定子铁心和电枢的支承部分，它的配合必须保证有较高的同心度，以确保电动机正常运行。

2. 定子铁心

定子通常为凸极式，磁极和铁轭常制成一体，是以定子冲片内圆和槽口为基准定位的外压叠装方法压制，然后用扣片扣紧，再用铆钉或氩弧焊焊牢，从而保证铁心内圆面和槽面的精度。

3. 电枢

电枢和小型直流电机一样，它包括转轴、铁心和电枢绕组。

(1) 转轴　为了便于安装和定位，电枢采用阶梯轴。转子铁心、换向器、轴承各挡及伸出端均有轴肩，铁心档位与铁心采用压配合；换向器档常用滚花压合。

(2) 电枢铁心　电枢铁心为半闭口槽。一般由0.5～1.0mm厚的硅钢片冲制后叠压配装入轴。可采用直槽或斜槽，常用的槽数有7，8，9，10，11，12，14，19等。

(3) 电枢绕组　电枢绕组型式除部分功率为200W以上的串励电动机采用四极波绕组外，一般均用单叠绕组。

单叠绕组的线圈元件数等于换向片数。换向片数可与电枢槽数相等，但大多数电机的换向片数为槽数的2或3倍，即每槽有2或3个元件。

串励电枢有采用单数槽和双数槽两大类。当电枢为二极单叠绕组，若采用实槽数表示时，其线圈节距由下式决定：

转子槽数 Q_2 为双数时

$$y=\frac{Q_2-2}{2}\quad（槽）$$

转子槽数 Q_2 为单数时

$$y=\frac{Q_2-1}{2}\quad（槽）$$

单叠绕组的换向片节距

$$y_k=\pm1\quad（片）$$

(4) 换向器　它由一定数量如图1-64所示的紫铜换向片元件围叠成圆柱体，换向片之间用云母片相隔绝缘，经绝缘物套入座套内，再用V形环及螺圈将换向片的燕尾槽压住，然后装入电动机的电枢轴上。

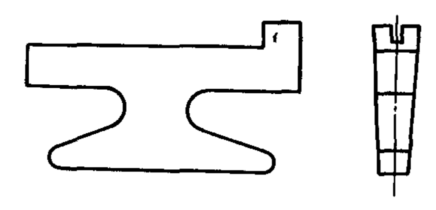


图1-64　换向片元件

换向器有可卸型与压塑型两种。可卸型换向器采用云母绝缘，并以端部V形压环及端部螺圈（或胀铆钉）固定。这种换向器可拆卸修理，发生故障后有的可进行修复。

压塑型换向器分为半塑与全塑型两种。半塑的换向片间仍采用云母片为绝缘；全塑的已改用耐弧塑料绝缘。

全塑换向器的特点：

1）换向器的绝缘结构简化，省去许多紧固件；

2）换向片配合紧密，整体性好，电气绝缘性能高，故障少；

3）由于不可拆卸，一旦内部发生故障时，修理困难。

4. 刷架

刷架由底盘、刷握、弹簧及电刷组成。底盘一般用酚醛电木粉压制，用于固定盒式刷握。刷握有盒式和管式结构，如图1-65所示。

盒式刷握的特点：

1）结构简单，加工精度要求较低，调节方便；

2）刚度差，容易变形；

3）采用卷盘弹簧，摩擦力大，不宜在高速及振动大的场合应用；

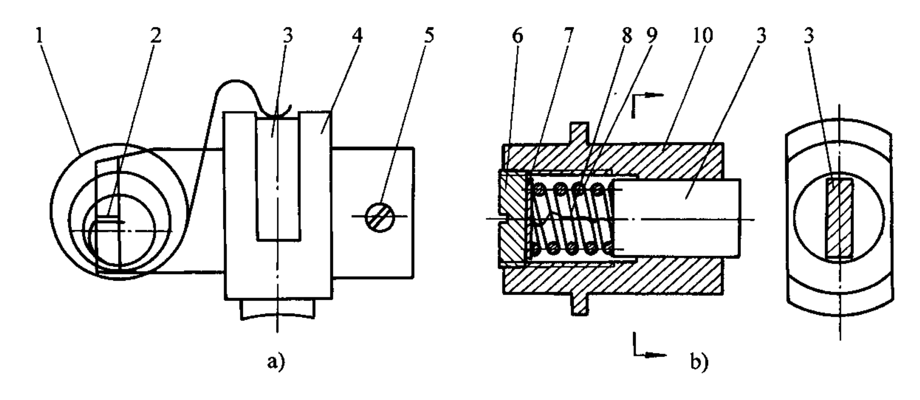


图 1-65　单相串励电动机刷握结构

a）盒式刷握　b）管式刷握

1—卷盘弹簧　2—弹簧支承卡　3—电刷　4—盒形刷座　5—固定螺钉　6—调整螺钉

7—导电圆铜皮　8—压力弹簧　9—编织线　10—管形刷座

4）电刷粉末容易进入刷座内，影响电刷滑动而引起故障。

管式刷握的特点：

1）不易变形，可靠性好，经久耐用；

2）电刷可做得长一些，能延长电刷的使用寿命；

3）导电圆形铜片通过编织线与弹簧、电刷连为一体，容易松脱而损坏，且更换电刷困难。

（二）交直流两用串励电动机的特性

1. 串励电动机的特点

（1）电压适应性强　在交直流两种电源下运行的性能基本接近，而且对电压波动适应范围大，故可设计成用于 200～230V 或 220～250V 电源；

（2）转速高　由于工作原理与直流电机相同，其转速不与电源频率有关，可超过 3000r/min～25000r/min，并且体积小、重量轻；

（3）起动转矩高　高速时的起动转矩可达到3～4倍满载转矩，而低速时的转矩较低；

所以，交直流两用串励电动机在手提式电动工具、家用电器以及小型机械中被广泛应用。

由于串励电动机有换向器及电刷，结构就较其他单相电动机复杂，而且运行中电刷要产生换向火花，会对无线电产生干扰，又存在滑动摩擦部件，故较易发生故障。

2. 串励电动机的性能

串励电动机具有“串励特性”，转速随负载改变而有较大的变化，尤其在轻载时更为明显。这种特性与钻削加工特性相吻合，因此，电钻选用串励电动机即能充分利用这种特性。

串励电动机在空载时的理论转速可达无穷大。但实际上，在小功率电动机中，由于电枢上装有风扇，运行时的风耗常使转速限制在安全范围。为此，如果负载需要恒定转速，则必须附加各种调速装置。

（1）电动机的调速

1）电气调速。它有电阻串联调速和电阻并联调速。

串联电阻的调速如图 1-66a。其调速范围广，可从零到额定转速，但转速随电压有较大的波动，而且串联电阻后的起动转矩也随之降低。

并联电阻调速如图 1-66b 所示。它可得到较平稳的转速控制，能保持起动转矩不至减小，但为防止总电流过大而引起磁场线圈发热，选用的阻值应足够大。

此外，电气调速还可以采用晶闸管调速，它能获得理想的调速性能，但线路复杂，成本较高。

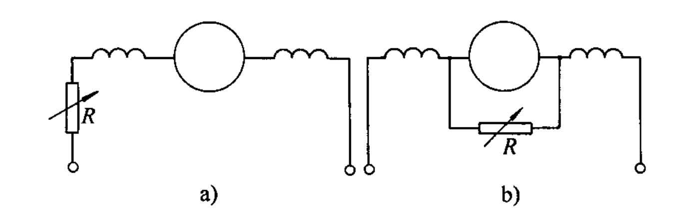


图 1-66　单相串励电动机电阻调速

a）串联电阻调速　b）并联电阻调速

2）机械调速。在一些需要严格恒定转速的场合，当采用上述电气调速无法满足时，常借助于机械装置进行稳速，除常用的鹤嘴式调速装置外，还有一种结构相似离心开关的离心甩臂摩擦式机械调速器，原理结构如图 1-67 所示。摩擦盘固定在端盖上，离心机构通过调速圆盘装在转子轴上，当转子高速转动时，甩臂即向外甩出，使摩擦片与盘沿接触，就产生摩擦阻力矩，转速愈高，摩擦力矩愈大，从而起到稳定转速的作用。

（2）电动机的转向　根据电磁感应原理，改变电枢与磁场的相对极性可以改变单相串励电动机的旋转

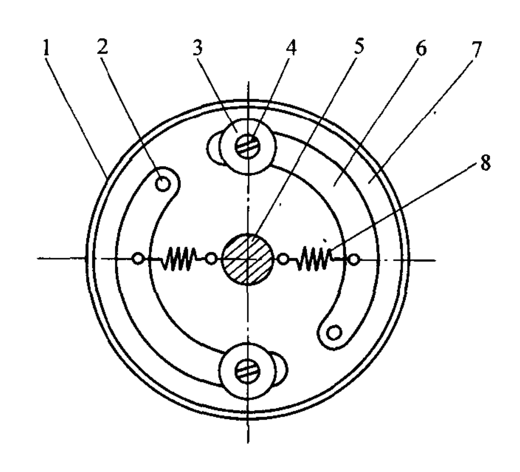


图 1-67　离心甩臂摩擦式机械调速器原理示意

1—摩擦盘沿　2—活支点　3—皮革摩擦片　4—螺梢　5—电动机构　6—离心甩臂　7—调速圆盘　8—拉力弹簧

方向。然而，并不是任意一台电动机都宜采用此法变换方向的。因为使电动机能获得较好的换向性能，一般单转向工作的串励电动机，常将电枢绕组设计成如图 1-68a 所示的不对称布线型式，而可逆转的电枢绕组则采用图 1-68b 的对称型式。可逆转的电动机在正反方向下运转虽有相近的性能，但其换向性能稍差，换向火花相对也较大。因此，不论使用或修理单相串励电动机均要对其结构具体了解。

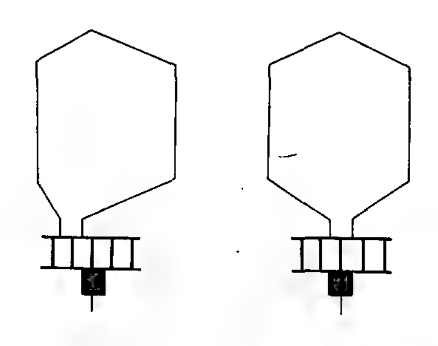


图 1-68　单相串励电动机电枢布线型式

a）不可逆转的布线　b）可逆转的布线

（3）电动机的运行特性　串励电动机虽可用于交直流电源，但其运行特性并非完全相同。通常是在交流时空载转速稍快，满载则比用于直流时稍慢，而且转速愈低则速率相差愈显著。造成转速差异的原因主要是：

1）由于电抗与频率有关。电机在直流电源运转时，绕组只有电阻压降，而用于交流时增加了电抗压降，使电机的有效电压降低。电抗压降主要产生于磁场线圈中，故专用于交流电时，绕组的匝数应相对减少。

2）由于磁饱和的缘故。直流电流所产生的磁通较有效值相同的交流电流所产生的磁通为大。为了弥补一部分电抗的作用，直流时的负载转速就增加。

因此，对于某些转速特性要求严格的应用场合，必须设计比较精密的能在交直流电源上运行性能相同的串励电动机。通常采用的办法是在直流电源上使用时，励磁绕组要增加附加串联匝数，其线路原理如本章第一节图 1-4 所示。

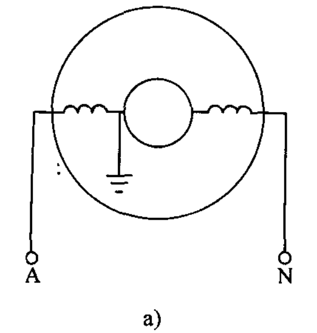
二、交、直流两用串励电动机的故障修理

（一）电刷架故障检修

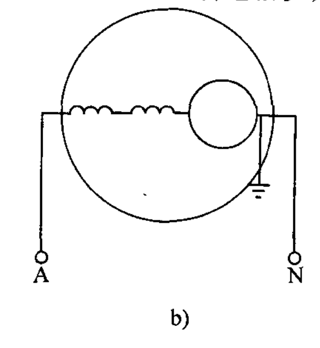
电刷架是夹持电刷的部件，它既要足够的机械强度，也须满足绝缘强度，是串励电动机容易产生故障的薄弱环节。常见的故障有：

1. 电刷架接地故障及检查

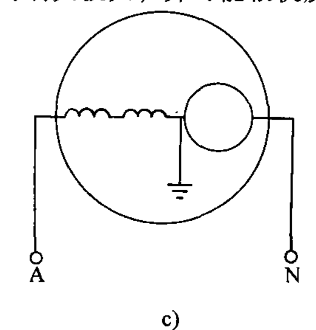
电刷架接地是常见故障。通常故障有如图 1-69 的三种情况。接地点如图 a 时，电动机不能起动，熔断器很快熔断；当接地点在电刷架另一边，则电动机能勉强起动，但达不到额定转速，且产生振动和较大电刷火花（刷火），时间稍长则绕组发热烧毁。第二种是采用统串接法，接地点在电刷架接零（N）线如图 b，则电动机运行无异状；若将两条电源线调换，则电源短路，熔丝即爆断。第三种接地情况如图 c 时，电流没有经过电枢，电机不能起动，磁场绕组将发热至烧毁；若调换电源极性，电流经电枢则电动机靠剩磁会转起来，但重载起动就显得无力，若空载则转速很快，同时刷火极大，并可能很快烧毁电枢、换



a)



b)



c)

图 1-69　电刷架的接地故障情况

向器及电刷。

刷架接地故障原因，主要是绝缘受潮后被击穿烧焦所致；此外机械冲击引起绝缘碎裂，或电刷编织线散开等也会造成接地。所以，要先着重外观检查，然后才通过仪表检查。

仪表检查故障时应将电刷取下，并把刷握上的所有线头卸下，使刷架与线路完全分开。

2. 刷架绝缘座损坏的修理

刷架绝缘座大都采用压制而成的电木构件，若损坏后要先测量并记录刷架的相对位置，以及刷握与换向器的距离等尺寸，然后把它从机壳上拆卸下来，再用电木板或环氧树脂玻璃丝布板按原尺寸重新制作一块换上。最后检查装配尺寸是否符合，并注意调整刷握与换向器的距离约为 1.5 ~ 2.0mm 左右。

3. 刷握损坏的修理

刷握有电木压制和金属冲压铆接两种。电木压制的刷握损坏后需有较高的钳工技术才能加工修整，故通常都用备件换上。

金属板压铆的盒式刷握有松动、变形及电弧灼伤等故障。对于松动部位，可卸去原铆钉重新铆紧；刷握变形可用一块与正常刷握尺寸相同的金属块插入变形的刷握中进行矫正；电弧灼伤要用锉刀将凸出的灼伤点修整平滑，然后用细砂布打磨光滑。

4. 压簧的修理与调整

电刷是通过压力弹簧与换向器保持接触的。常用的型式有螺旋形和盘形弹簧，较大的电机也有采用卷簧的。

如果弹簧断裂或失去弹性，电动机便不能运行，必须更换新弹簧。

螺旋形弹簧是用特制的手柄绕制，其绕杆直径随弹簧尺寸、线径、材质及绕制拉力不同而异，一般是取小于弹簧内径的绕杆试绕后确定。绕制时要注意方向、节距和节数。绕好后将两端面进行修磨平整方能使用。

盘形弹簧由板模绕制，绕制宽度和厚度必须与原来相同。

所制弹簧的材质一般应与原来规格相同，如查无资料则可选用 65 硅锰（65SiMn）或 60 硅乙锰（60Si2MnA）优质弹簧丝制作。

卷簧是由厚度为 0.1 ~ 0.2mm 弹簧片卷制后经热处理，然后铆固在弹簧固定卡上，它的主要优点是压力不受电刷磨损而改变。卷簧损坏后一般无法修复，只能换置新的卷簧。

弹簧配置不适宜会造成电刷损蚀过快，甚至产生换向环火。因此，更换弹簧装配时，应使其压力垂直于径向加于电刷上，并要求电刷压力调整为（2.5 ~ 5）$\times 10^4$Pa。

（二）电刷的更换与研磨

电刷在刷握中必须能上下自由活动，但不能有晃动。若电刷磨短、残缺或编织线松脱、断丝，或者电动机运行时有振动等，都可能造成电刷与换向器接触不良而产生较大火花，甚至不能正常运转。对此应更换新电刷。

更换的新电刷型号与规格要和原来电刷相同。否则，若电刷材质太软会磨损过快，并容易碎裂；若电刷材质太硬，既容易磨坏换向器表面，又引起火花。所以，当原电刷型号无法查找时，考虑到交直流两用电动机的转速快与换向比直流电机还困难的特点，应选用换向性能特强，且具有良好滑动接触特性以及易于建立氧化膜的电刷。其中效果较好的电刷有 D374L、S4、S5、S9、S201、S251、S270 及 D308 等。

为确保电刷与换向器有良好的接触面，更换新电刷应将其接触面研磨。由于串励电动机的换向器很小，不能像直流电机那样采用砂纸拉磨方法，一般是将与换向器宽度相近的砂纸条缠绕换向器一周，并用胶纸贴好，然后放置电刷，压好弹簧，再将换向器与砂纸一起旋转来研磨。对于可逆转的电动机，要双向旋转研磨；单转向电机则顺向研磨。要求研磨面达到占电刷整个面积的 75% 以上为合格。

检修时，对完好的电刷可不用更换，但沾附的油污不得用汽油洗刷，只能用干净的软布擦净。

（三）换向器故障检查

换向器是单相串励电动机容易发生故障的重要部件。换向器的圆柱面必须保持光滑、平整、清洁，并要与轴承同心不偏圆。正常运行时，表面应有一层坚硬的紫红色光泽的氧化膜。若使用日久，换向器表面便可能产生轻微的伤痕，这时只要用 00 号玻璃砂纸打磨平滑即可。若换向器偏圆，表面凹凸不平明显或云母凸出以及有严重划伤等，必然引起电刷剧烈跳动而产生较大的火花。这时应及时进行检修。

1. 换向器变形的检查

在电机高速运转时，若相邻两换向片间的高低相差 0.02mm 以上，就会造成换向不良而引起火花。因此，对偏圆、凹凸不平等有变形现象的换向器要作精确检测。检测时将转子卸出放在支架上，使其处于水平位置；将千分表的顶杆顶在换向器表面；然后缓慢地转动电枢，从千分表的指示中可获知换向器的变形程度。

2. 换向器机械损伤的检查

换向器表面的划伤、烧伤以及云母槽不平整都可能引起换向火花增大。对此，通常是采用直接观察仔细检查。

3. 换向器接地和短路故障的检查

检查换向器是否接地或短路故障可用摇表等常规方法。但故障点的检查则必须将换向器上的线头焊下来后进行。

检查换向器片接地时，凡绝缘电阻对轴为零的即为接地故障片。

短路故障总是发生在相邻换向片上，当断开线头后，相通的换向片即是短路故障片。

（四）换向器的拆卸与修理

1. 换向器变形的修理

如果换向器表面有伤痕或变形时，可将电枢卸下来对换向器端部压紧 V 形环的螺圈上紧，在精密车床上车修换向器外圆表面。车床的切削速度约为 1～1.5m/s，进刀量约为 0.05～0.10mm/r。车好后把换向片间的云母片下刻 0.5～0.75mm 的槽。

刮槽工具可用废旧钢锯片磨成锯状或钩状，并把钢锯片两面的“锯路”在砂轮机上磨去，使锯片齿部恰能放入云母槽为宜。刮槽时要求云母槽底平整，换向片两面没有残留云母。为防止刮伤换向片，可用一段直锯片背面靠云母槽口平放在换向器上，刮削工具沿此进行刮槽。全部云母槽刮完后，再将细砂纸折叠顺着槽口刮磨，以除去毛刺及倒出一定的角度。最后用 800 号细砂纸（或金相砂纸）将换向器表面打磨光滑，再用压缩空气清除干净，即可使用。

2. 换向器短路和接地的修理

如果换向片之间的云母片表面烧焦、炭化，可用刮槽钩把烧焦的云母刮削干净，直至出现云母的白色碎屑。检查绝缘良好时，用绝缘漆滴入空洞，再插入新云母，烘干，即可接焊线头。此外，还应注意换向器的接线端端面是否有焊锡流入而造成接地或短路。如有要清理干净。

3. 换向器的拆卸和修理

若故障点发生在隐蔽处而无法采用上述方法处理时，就要卸开换向器才能进行修复。其拆修步骤如下：

1）将电枢线头从换向器中全部烫出。

2）测量并记录换向器的外径、长度、凸肩（焊线槽位）的外径、换向片数及与铁心槽的相对位置。

3）退出换向器后，及时用一特制的包箍将换向器外圆周固紧好（如图 1-70 所示），以防拆卸过程中换向器散开。

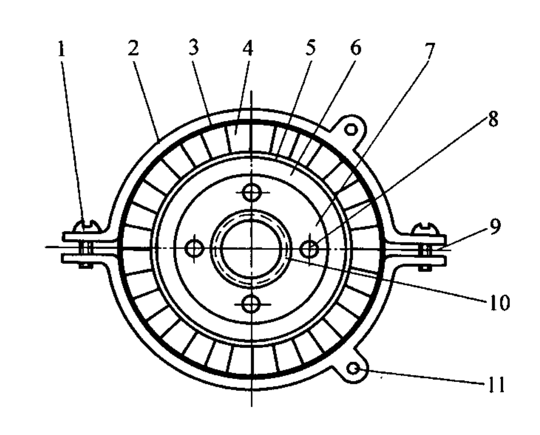


图 1-70　拆卸换向器包箍
1—包箍螺钉　2—包箍　3—纸板或胶皮　4—换向器端面　5—V 形云母筒衬垫　6—V 形压环　7—螺圈　8—装卸坑　9—夹口　10—螺纹或胀边　11—凸边

4）检查端部绝缘。若端部采用螺圈压紧，可用冲子对准拆卸坑，将其旋转卸出；若采用胀铆固定，则要在车床或钻床上将铆边除去，再取出 V 形环及云母套环，检查端部云母有否烧焦痕迹。

5）退出换向器铁心。如未查出故障点，用小锤轻敲铁心，使其退出，便可看到云母击穿的痕迹。可将烧焦的云母刮去，再用绝缘漆调和云母粉充填平整后烘干，即可恢复使用。

6）片间击穿处理。如果拆出铁心仍找不到故障点，则击穿短路点可能在换向片之间。这时可将包箍的有凸边一边螺钉结合开口处对准短路的换向器云母槽重新箍紧，用一截铁条将包箍凸边孔连结固定起来，然后拆开凸边连结螺钉，用锯片将短路的云母槽锯开，并随时检测两换向片间的电阻；当绝缘达到较高水平时停止锯削，把槽中的云母粉屑清理干净后，用新云母片及 5531 虫胶（也可用绝缘漆）充入，烘干后即可使用。

7）筒形铁心制作。采用胀铆固定的铁心拆卸后一般不能再用，需加工一副新的。通常可采用螺扣式。因为螺扣式便于拆卸，省时省力并可多次拆用。加工尺寸要照原样，只是端部要车有 5mm 长的螺纹，再配上螺帽即可。

8）装配。装配前将云母衬垫套人铁套外缘再插入换向器内，上 V 形压环及旋紧螺圈。但必须注意，在装配每一程序时都要用摇表检测绝缘。装配完后，对地及片间绝缘应保持良好。

9）装轴。套装入轴时要与原来记号对齐，压人的相对位置要正确，然后再上精密车床将换向器精车加工。最后进行刮云母槽、打磨光滑、清扫干净。

（五）刷火的成因及处理

交直流两用串励电动机运行时必然会产生换向火花，但空载时只要不产生环火，且火花小于2级则是允许的。通常，引起较大刷火的原因及处理方法见表1-37。

表1-37　单相串励电动机刷火成因及处理

型号	产生刷火原因		处理方法
1	磁场故障	磁场线圈短路或接地	检查并排除短路或接地故障
2	电枢故障引起	1. 电枢线圈引线与换向器连接错位	1. 用感应法找中性点后移动刷架 2. 采用浸漆前调线法校正接线
		2. 电枢线圈引线接反	从换向器上熔下接线改正后重焊
		3. 电枢绕组断路	用压降法检查出故障点 1. 若故障点在引线端则解开绑扎线焊回即可 2. 若故障在槽内则要重绕
3	电刷与换向器接触不良	1. 换向器表面状况不良 2. 换向器表面粗糙偏心或变形 3. 换向片凸出 4. 云母片高出换向器	1. 进行表面清理及加强维护。电刷研磨后，令其轻载运行半小时 2. 精车换向器 3. 调紧端面螺圈，并车正换向器 4. 刮削云母沟，使下刻0.5～1mm
4	电刷质量引起	1. 电刷牌号不对 2. 电刷过紧卡死 3. 电刷磨损过度 4. 电刷摆动过大 5. 电刷电阻过大或过小	1. 根据电动机说明书选用原电刷牌号 2. 研磨电刷，检查并调整刷握，使电刷能在刷握中灵活上下 3. 更换新电刷 4. 更换符合刷握的新电刷，使能灵活而又不摆动 5. 更换质量适合的电刷
5	刷握机构	1. 刷握松动偏移中心线 2. 电刷弹簧压力过小或不均匀 3. 电刷弹簧失效或断裂	1. 将电刷架调整到中性面位置 2. 调整到规定压力，并使分布均匀 3. 更换新弹簧
6	振动过大	1. 轴承有缺陷 2. 电枢振动	1. 更换轴承 2. 校正动平衡
7	其他原因	1. 不可逆转电动机反转 2. 短路故障或重负载冲击 3. 片间电压过高	1. 改接励磁绕组极性，使电动机正转 2. 消除短路和防止过载 3. 防止过电压

三、励磁绕组故障及修理

单相串励电动机的定子励磁绕组一般很少发生故障。可能的故障主要是接地和匝间短路等偶然因素。

（一）接地故障检修

定子绕组接地故障的原因主要是包缠绝缘不当或嵌线工艺不良，致使磁极四周角绝缘挫伤，当绕组受潮后就容易造成击穿而接地。如果励磁绕组接地与电刷架接地，则如图1-69中的a、c情况相似，故障后的电动机即不能正常工作。检查方法可参见第五章直流电动机定子绕组修理。

如果线圈接地故障点可凭外观检查看到，且故障现象轻微时，可进行加热烘软线圈后将接地点拨离铁心，插进新绝缘加以隔离，然后装回、刷漆、烘干即可。

若接地点不能从外观发现，则要把线圈加热后从定子上取出，拆除原来绝缘检查，再重新包扎、预烘后浸漆烘干。

（二）励磁绕组匝间短路的故障检修

串励电动机励磁绕组匝间短路的特征是：

1）电动机不能起动；

2）通电后转速不正常；

3）通电后熔丝爆断或外壳带电；

4）电刷下出现较大的火花；

5）短路线圈严重发热而导致外壳发热；

6）运转时发出异常噪声。

检查方法同直流电机。

短路线圈的修理需从铁心中取出，去除表面绝缘进行仔细检查。如能从外表看到故障点，可以将其分开绝缘后刷漆包好，并经线圈短路检测仪检查正常方可使用。若故障点不明显或严重烧毁时，应予重绕修理。

（三）线圈极性错误

线圈极性接错后，电动机不能正常运转，并产生强烈刷火，甚至不能起动，长时间通电将导致烧毁。

检查方法参见《电动机修理手册》单行本《起重及冶金用三相异步电动机修理》。处理方法只需找出接错线圈，将其连接线改接即可。

（四）绕组开路

绕组开路的原因主要是引出线焊接不牢，使用环境恶劣造成氧化脱焊及机械挫伤所致。绕组开路后，励磁绕组没有电流，电动机不然不能起动。

检查方法可用万用表逐个检查，并根据具体情况进行修复或重绕。

四、电枢绕组故障及修理

电枢绕组的故障有接地、断路、短路三种情况。其检查方法可参考《电动机修理手册》单行本《起重及冶金用三相异步电动机修理》。

（一）电枢绕组接地故障

1. 接地故障原因

电枢绕组的接地故障容易发生在铁心槽的转角处，有时槽内凸起的硅钢片尖角也会造成槽口内导线接地故障。

2. 接地故障现象

1）通电后转速很慢，并发出噪声；

2）电动机起动困难，甚至不能起动；

3）通电后外壳带电或熔丝爆断；

4）电枢振动并产生较大火花；

5）运行温升很高，运转时间长则烧毁。

3. 接地故障修理工艺

对外观能看到接地点的修理，常采用下列应急处理的跳接工艺：

1）将接地线圈的线头从换向片上熔下来；

2）熔下的线头分开包好绝缘，使脱离电路；

3）用一段导线把熔下线头的换向片连接起来，如图 1-71 所示；

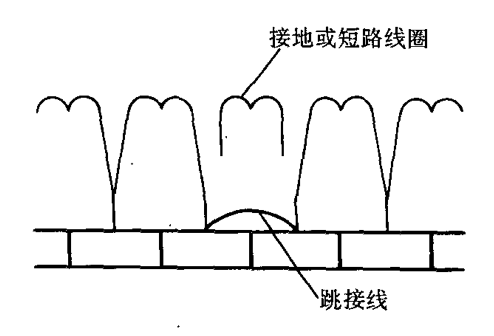


图 1-71　电枢绕组接地、短路故障的跳接方法

4）将绕组加热烘软；

5）用竹片把接地线圈拨离铁心，刷上绝缘漆后再插入新的绝缘纸；

6）烘干后检查无接地现象即可使用。

对槽内接地的故障，由于一般槽内都有几只线圈，不但难以处理好接地点，同时还可能引起其他完好线圈的绝缘损坏。故不宜用上述跳接法修理，必须重绕新绕组。

（二）电枢绕组断路故障

串励电动机电枢绕组断路也是常见故障。断路点一般最易发生在线圈引线与换向片的焊接处。

1. 断路故障原因

1）线头焊接不良；

2）焊接前刮除绝缘漆膜时造成导线受损；

3）线头焊接时绷得过紧，在缠绕扎线时拉断；

4）焊锡质量不符要求，换向器过载或其他原因发热时容易引起脱焊；

5）电动机超速旋转（飞车），也可能造成线圈断路；

6）浸漆工艺不良，使电枢绕组整体性机械强度不足，高速运转时受离心力作用而使导线甩断。

2. 断路故障现象

1）空载时转速正常，负载后转速迅速下降，而且不稳定；

2）运转时有强烈的刷火，甚至形成环火；

3）换向器因高热而很快发黑，电刷有烧伤现象；

4）当电刷正好接触断路线圈所接换向片时，电动机不能起动。

3. 断路故障修理工艺

1）将烧热的电烙铁头擦去余锡后靠在线圈扎绳末端上面加热；

2）待扎绳烫软后，挑起扎绳末端，边烫边提拉，把扎绳全部拆开；

3）仔细揭开绝缘层，检查线圈引线，将查到的断线接好并绝缘处理，或焊回换向片上；

4）如断路点在槽内或线圈内部，通常采用接地故障所述的“跳接法”处理，但每台电动机采用的跳接线圈不得超过2只；

5）如果故障线圈较多，又找不到开断点将其复原时，应作重绕处理。

但须注意，采用“跳接法”修理的电枢绕组放到“短路侦探器”试验时，在撤出电路线圈的槽中，会因感生电流不能互相抵消而形成明显的吸力，使试验锯片产生振动。所以试验时要注意这种特征。

（三）电枢绕组短路故障

电枢绕组短路故障有匝间短路、同槽线圈间短路和异槽线圈间短路。

1. 短路故障原因

在串励电动机电枢绕组的绕制中，无论是机制或手绕，通常都采用并绕工艺，故同槽线圈只有导线本身的绝缘。当不同线圈的导线相互重叠和直接接触时，其导线间的电压有可能接近电源电压。所以电枢绕组的短路故障多数是发生在同槽线圈中。匝间短路及异槽线圈短路也有发生，但一般都是在绕制线圈或拆装过程中不慎碰伤绝缘所造成。

2. 短路故障现象

1）电流增加，转速降低，力矩减少；

2）运行声音明显不正常；

3）电刷火花强烈，严重时形成环火，换向器发黑；

4）电枢绕组发热，甚至很快烧毁；

5）起动状态不稳定，有时起动困难，甚至不能起动而爆断熔丝。

3. 可见故障点的修理工艺

1）采用第三章的方法找出故障点；

2）将电枢绕组烘软，用竹片把绝缘损坏相碰触的导线拨开；

3）用薄软的绝缘绸带加以隔垫；

4）涂刷绝缘漆后烘干。

4. 不可见故障点的修理工艺

1）将短路线圈的线头从换向器上熔下来；

2）分别对换向器及绕组进行检测；

3）经判断是绕组短路时要进行重绕修理。

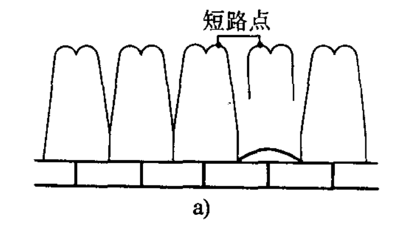
但是在实践中，对于故障不严重的电枢绕组可采取应急处理恢复使用。工艺方法如下：

1）将同槽或异槽相互短路的线圈线头从换向片上熔下来；

2）分开线头后置于“短路侦探器”上试验；

3）若短路现象消失，则将原熔下的线头包好绝缘；

4）熔下线头的换向片用导线连接起来焊好，如图1-72所示。



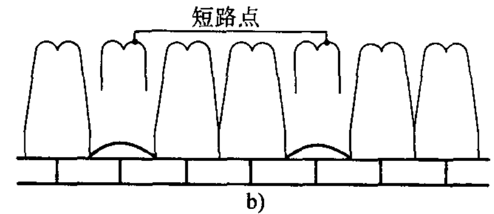


图1-72 电枢绕组短路故障的应急处理

a）同槽短路故障跳接法 b）异槽短路故障跳接法

五、绕组的重绕工艺

（一）磁极绕组的重绕

当定子磁极绕组发生故障而无法用局部修理方法修复时，就要进行重绕新绕组。

定子绕组的重绕工艺如下：

1. 拆除旧绕组

1）电动机定、转子分解开，并将定子铁心从壳中取出，记录退出工序及接线方向；

2）把固定磁场线圈的金属片压扣松开后取出线圈；

3）压平磁场线圈，并拆去包扎线圈的绝缘带；

4）测量并记录线圈厚度及内外径等尺寸；

5）查清并记录每极线圈的匝数、并绕根数及线径等。

2. 绕线模制作

因为串励电动机的线圈较小，一般不宜在万能线模中绕制。通常是用木板或绝缘板制作模心和夹板。模心是长方形，各部分尺寸按实测。其制作步骤如下：

1）找一合适硬木板将其刨至所需厚度；

2）将木板锯截到线圈的内径尺寸作为模心毛坯；

3）用砂纸将模心四角砂磨出半径 $R=2\sim3mm$ 的小圆角，并对其他部位稍作打磨；

4）再锯截两块夹板，其尺寸为原线圈的外径尺寸；

5）将模心及夹板钻出中心孔，孔径略大于绕线机螺杆；

6）夹板对边锯开出两条绑线槽，如图 1-73 所示。槽深刚好碰到模心边缘即可。

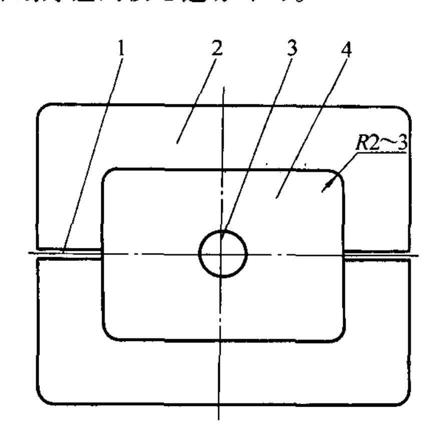


图 1-73　磁场线圈绕线模
1—线圈绑线槽　2—夹板　3—绕线机螺杆插孔　4—模心

3. 绕制线圈

模心及夹板装上绕线机后旋紧螺杆，即可进行绕制线圈，其步骤如下：

1）夹板两缝槽中嵌进绑线，调整计数器为零；

2）绕线时要一匝紧靠一匝地排列整齐，层间用电容纸绝缘；

3）绕足匝数后即将绑线捆住，从模心上取出线圈；

4）线圈的线头要焊接一段多股细软铜心绝缘线作引出线；

5）在焊接处包垫绝缘后，再用 0.1mm 的黄蜡绸或玻璃丝蜡布带以半叠方式包缠一遍；

6）线圈进行整形，弯成和磁极一样的弯度；

7）用白绸带或玻璃丝带作绕包绝缘。

4. 线圈嵌装

线圈嵌装有一定先后顺序，其步骤如下：

1）在每磁极槽里放一层聚脂薄膜青壳纸；

2）先把线圈的一边嵌入槽内并压至槽底，再把另一边也嵌进槽内；

3）将线圈两端边压入槽底，并进行端部压低、整形；

4）在线圈端部加垫一圈绝缘纸；

5）将金属片压扣弯成“Π”形，从线圈端部底（即铁心外径削弦边）插入，然后向外反扣，压住线圈端部；

6）全部线圈嵌好后，根据显极接法（即相邻两线圈极性相反）接好线；

7）焊好连接点，包好绝缘并接好引出线。

5. 定子绕组重绕的检验

（1）消除故障的检验　定子绕组重绕过程中可能由于工艺不良或其他原因造成接地、短路、断路等故障，因此，在浸漆预烘前必须检验，以便及时发现缺陷，便于处理。《电动机修理手册》单行本《起重及冶金用三相异步电动机修理》。

定子绕组的检验可参考《电动机修理手册》单行本《起重及冶金用三相异步电动机修理》故障检查方法进行。

（2）接线的检验　单相串励电动机定子绕组为集中绕组，其接线应满足相邻线圈极性相反（个别庶极接法例外）的原则进行。常用的检验方法有：

1）铁钉法检验

①　将 220V 电源串联一只容量约为电动机容量 50%～75% 的灯泡，接入定子绕组；

②　取一铁钉放在磁极面上，若铁钉被相邻极吸引，则表示接线正确；若被推斥说明极性相同而接错。

铁钉法对二极电动机的校验效果最为明显，随着极数增加，其检验效果显得不理想。因此，宜采用指南针方法检验。

2）指南针法检验

①　取 3～6V 电池接入定子绕组；

②　将指南针靠近磁极面，检测相邻磁极极性相反，则接线正确。

（二）电枢绕组重绕工艺

1. 绕组的拆除及数据记录

1）电机解体及卸下轴承；

2）用叉形铁臂垫入转轴的风叶搭子将其压出；

3）拆除线圈在换向器端的绑线，并查清、记录线圈节距；

4）算出换向片数 K 与槽数 Q_2 之比

$$n_2=\frac{K}{Q_2}$$

5）找出一槽“n_2”个引线与换向片的连接位置，

以及下一片相邻换向片所在槽位，并在该槽及换向片上做上记号；

6）用利凿或钢锯沿线圈与转子端面将线圈导线截断，并注意不要损伤铁心和绝缘板；

7）撬开并取出线圈的端部导线；

8）取一截外径比电枢铁心直径略小的平口钢管为垫铁，将转子换向器向上垂直插入管内；

9）取一段截面形状及大小略小于槽截面的钢条，顶着槽中导线，用铁锤敲击将导线退出；

10）选其中一槽的全部导线用火烧掉浸渍漆；

11）按每 10 根一股数清每槽导线根数 N_c；

12）由下式算出每只线圈匝数

$$N_2 = \frac{N_c}{2n_2} \quad (\text{匝})$$

13）取出若干根导线用火柴或酒精灯烧去漆膜，选其中既去漆膜又没有烧伤的导线用千分尺量取并记录线径；

14）将原始数据填写入如表 1-38 的各项，作为电枢绕组重绕参数档案备用。

表 1-38　单相串励电动机重绕数据记录表　　编号：______

型号			功率/W		电压/V	
转速/（r/min）			电流/A			
定子	磁极数		每极匝数		线径/mm	
	每槽元件数		附加绕组匝数		线径/mm	
电枢	槽数		节距/槽		换向片数	
	线径/mm		每槽根数		元件匝数	
	绕组型式		铁心外径/mm		叠厚/mm	
	轭高/mm		齿宽/mm			
引出线槽对焊接线头换向片相对位置图				备注 检修人：____ __年__月__日		
定子绝缘/MΩ		电枢绝缘/MΩ		工频/min耐压	空载电流/A	

2. 电枢缠绕的准备工作

电枢绕组在重新嵌绕之前必须完成如下工作：

1）用烙铁清理换向片线槽；

2）用摇表或试灯检查换向片有否接地与短路故障，并作排除故障处理；

3）检查换向器有否变形或磨损，以便及时进行车削加工；

4）彻底清理电枢槽内的绝缘纸及绝缘漆；

5）敲正位置偏移的铁心钢片；

6）用锉刀修整槽内凸出部分及槽口毛刺；

7）检查铁心两端绝缘板应无缺损。如局部破损，可在插置槽绝缘后用薄膜青壳纸或 DMD 绝缘纸做一个“Π”形套，从绝缘纸与槽壁之间插入套住槽齿，如破损严重，则应重新做绝缘板；

8）用 0.15mm 厚的 DMD 或聚脂薄膜复合青壳绝缘纸剪裁槽绝缘，其长度应与槽口绝缘板端齐平或伸出 0.5mm，宽度应比槽口高出 5～10mm；

9）换向器至铁心档轴上的绝缘套若损坏时，要用宽度相当的 0.15mm 绝缘纸卷绕两圈后用扎绳密缠绑牢。

3. 电枢绕组的缠绕工艺

电枢绕组可用手抓绕或用绕线机助绕。为提高工作效率，一般宜制备单相串励电枢绕线专用夹具如图 1-74 所示，装在手摇绕线机上助绕，边嵌线边转动，其匝数可由绕线机记录。

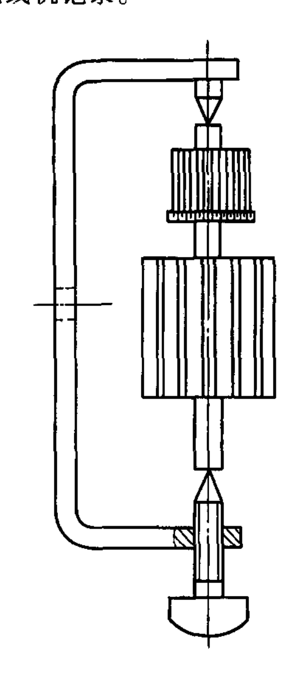


图 1-74　电枢绕组专用夹具

单相串励电枢绕线方法有叠绕和对绕两种。

（1）叠绕法　叠绕是按起始槽的顺序连续绕线。以 8 槽二极电枢为例（如图 1-75 所示）：先从第 1 槽

开始绕，依节距跨到第 4 槽，绕完一组匝数后，再依次绕第 2 槽（2～5）、第三槽……直至完成。

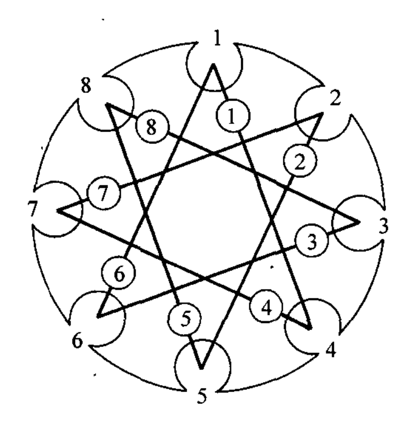
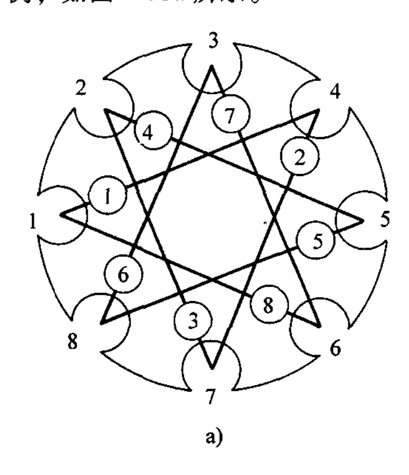


图 1-75　电枢绕组叠绕法绕线顺序

（外圈数字为槽号，小圈内数字为绕线顺序）

叠绕法的优缺点是：顺序易记，工艺简单，不易绕错；但每只元件平均匝长不一定相同，会导致重量分布不均匀而产生振动噪声；绕组并联支路阻抗不平衡，使电路内产生环流，造成换向恶化，伴生较大刷火。为此，叠绕法一般只用于小规格电枢绕组。

（2）对绕法　对绕法有两种绕线型式。以二极 8 槽电枢为例，如图 1-76a 所示。



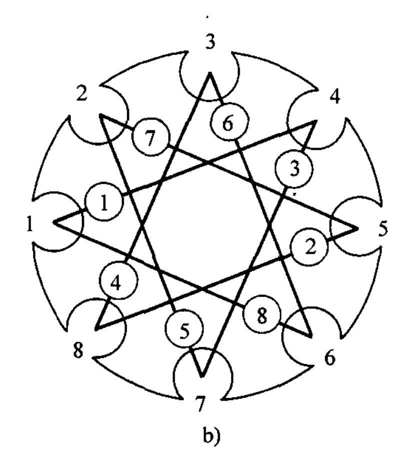


图 1-76　电枢绕组对绕法绕线顺序

a）V 形对绕法　b）平行对绕法

1）V 形对绕法。这种绕法多用于单数槽电枢。其槽顺序为：1—4；4—7；7—2;；2—5；5—8；8—3；3—6；6—1。V 形对绕的规律是以终槽为后一线圈始槽的顺序嵌绕的。

2）平行对绕法。平行对绕只能用于双数槽电枢。型式如图 1-76b 所示，缠绕槽顺序为：

1—4 // 5 —8；4 —7 // 8 —3；7—2 // 3—6；2—5 // 6—1。

缠绕规律是每组线圈的节距不变；单次槽（如 1—4 槽）平行于双次槽（如 5—8 槽）；而且，双次槽的起始槽是单次终槽（4）加 1 =（5）。

对绕法的优缺点是：电气及机械的平衡性较好，振动噪声较小；工艺不熟练则容易出差错。

叠绕和对绕都可以采用串绕或并绕工艺。

串绕工艺：串绕工艺又叫单圈绕法，它的嵌绕工艺如下：

1）转子及夹具装在绕线机后，把计数器调零；

2）将线头缠绕固定在轴端（此线头将接在原记号的 1 号换向片上），以记号槽为第 1 槽，把导线嵌入槽中；

3）扳动夹具及转子，使导线跨节距后嵌入槽中（本例为第 4 槽）；

4）绕足元件匝数后，将引线留出适当长度，折回扭成麻花圈结（此线头将接于原记号的 2 号换向片上）；

5）导线继续嵌入第 1 槽，进行本槽第 2 个元件的嵌绕，绕足匝数后扭成麻花（将接 3 号换向片）；

6）当绕满一槽元件数后，再根据选用的叠绕或对绕所确定的槽来嵌绕另一槽的第 1 元件，第 2 元件…，直至绕满一槽；

7）继续嵌绕下一槽，直至绕完为止。

串绕工艺示意如图 1-77a 所示。

并绕工艺：并绕工艺又称多圈绕法，它是将一槽内全部元件一次绕成，工艺示意如图 1-77b 所示。嵌绕工艺如下：

1）装好绕线机并调整计数器为零；

2）取并绕根数等于每槽元件数，并将各元件的线头分别剪成不同长度以示区别；

3）绕完每槽匝数后将其剪断，并与线圈的尾端引至起始槽，与始端暂时绞在一起；

4）再进行另一组（槽）线圈嵌绕，直至嵌完为止。

串绕和并绕工艺的特点：串绕和并绕都适用于叠绕法和对绕法布线。串绕的嵌槽频次多，但可省不少串接工作，其接线比较方便；并绕的嵌槽频次比串绕

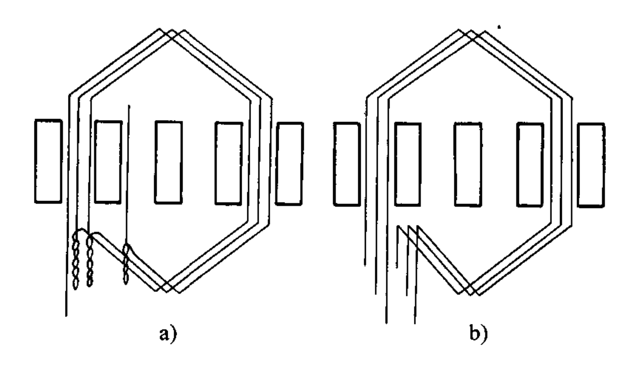


图 1-77 电枢绕组的串绕与并绕工艺示意
a）串绕工艺 b）并绕工艺

少几倍，故其嵌绕速度快，但全部元件要重新进行对线、串接，工作繁琐，费时且容易发生错接。

在应用上，如果导线很细，单根导线缠绕时容易拉断，所以对匝数多的小规格、高电压电枢，为确保嵌绕质量，提高工效，宜用并绕工艺。对于导线较粗，匝数较少的大容量、低电压电枢，则宜采用串绕工艺。

4. 电枢绕组缠绕的注意事项

1）绕组缠绕应按顺序表进行；

2）缠绕时应注意方向，引出头必须朝换向器一端引出；

3）线圈的首尾要引到槽口处，并从槽面抽出；

4）缠绕匝数要准确；

5）缠绕时导线要拉紧，但用力不能过猛，以免拉断导线；

6）操作中注意导线不要碰到铁心或换向器，以免损伤导线绝缘；

7）要控制线圈端部长度，不得超过轴的绝缘部分，以防接地故障；

8）线圈任何部位不得高于电枢铁心。

（三）电枢绕组压头与焊接

电枢绕组嵌绕完成后，就可着手焊接前的准备工作。

1. 焊接前的准备

（1）楔槽 槽楔用 1～1.5mm 厚的环氧玻璃纤维层压板制成，或用烘干的竹片削成。楔入前将槽绝缘高出铁心约 1mm 的部分剪去，并分别把两边的槽纸压入槽内，包住导线，然后插入槽楔。

（2）线头去漆 除去线头的绝缘漆膜，常用两种方法：

1）刮削法。对于大功率或低电压电枢，可将导线焊接段用刀片仔细刮削漆膜。

2）火烧法。导线较细的电枢，可用火烧去漆膜。其工艺是：

① 把电枢换向器向上直立起来；

② 将麻花线头向外理直，但不剪断；

③ 量度好焊接位置，用尖嘴钳夹住保留绝缘部分；

④ 将点燃的蜡烛或酒精灯烧去导线的绝缘漆膜，但要注意火力不要过猛，以免烧断导线；

⑤ 冷却后用布蘸酒精擦干净，如部分仍未脱去漆膜可用600号细砂纸轻擦去除。

（3）线圈的串联

1）采用并绕工艺的绕组串联方法如下：

① 各槽线圈分清首、尾端；

② 每组（槽）线圈中的元件按 1、2、3…编号，即首端为 1、2、3；尾端为 1′、2′、3′；

③ 第 1 槽的第 1 元件首端作为该槽线圈的首端，暂不接线，而将 1′与 2、2′与 3′的线头分别压入 2、3 换向片槽，余下的 3′便是该槽线圈的尾端。至此，第 1 槽元件组串联工作算完成。

④ 第 1 槽线圈组的尾端（3′）与第 2 槽的首端 1 相接；

⑤ 同理，第 2 槽的 1′与 2、2′与 3 相接，如此类推，直至最后一槽的 3′与第 1 槽的 1 相接，并压入 1 号换向片槽中，则整个绕组串联工作算完成。

2）采用串绕工艺的绕组串联方法如下：

由于串绕工艺中每槽线圈组已串联好，并留出一首一尾端。所以，只要把第 1 槽的尾端与第 2 槽的首端、第 2 槽的尾端与第 3 槽的首端相接于对应的换向片上。如此类推，便可完成。

2. 就位与压头

由于绕组拆卸时已做好记号，所以重绕的电枢只需按记号就位，其工艺是：

1）检查换向片有否接地、短路故障；

2）将已去除漆膜并串联好的线头扭成麻花，按 1、2、3 序套上色标绝缘套管；

3）用 0.2mm 厚的黄蜡绸剪成扇形包封布，将换向器端的线圈端部及引线包起来，并使与线头隔开；

4）将第 1 槽的麻花线头顺次嵌入换向器原记号的 1、2、换向片线槽中；

5）第 2 槽的麻花线头也同样方法嵌入相应的换向片槽中。如此类推，直至完成；

6）压头。即将线头嵌入换向器线槽后，用圆冲在线槽两边轻轻冲压使其压紧，以防线头甩出的故障。压头工序也可边嵌线边进行。

3. 电枢绕组的焊头工艺

1）检查电烙铁头是否牢固，修整烙铁端头刃部厚度，使能在线缝中定位；

2）清理烙铁头氧化层后通电、上锡；

3）在换向器线槽上涂抹松香—酒精溶剂；

4）将沾有焊锡的烙铁头在平置的换向器线槽上加热，当线槽达到附着锡的温度时，拖动烙铁使锡均匀渗满线槽后迅速离开焊点；

5）所有线槽的线头焊接后，用刀将多余的线头从线槽端面整齐地截断；

6）将换向片间、云母槽内以及线槽后面的余锡、焊剂清理干净。

（四）电枢绕组的检验与绑扎工艺

1. 电枢绕组接错的检测方法

因为串励电枢的接线头多，导线较细，容易出差错，如浸漆后才发现缺陷就难以改正。故有必要在未浸漆前对电枢进行检验鉴别。

检查电枢绕组是否存在断路、脱焊、短路等故障，可根据直流电机试验方法进行。常见的反接、错接、跳接或短路故障举例如图 1-78 所示；判别及处理方法可见表 1-39。

2. 电枢绕组的绑扎工艺

通过接线的检验后，可对换向器端的线圈端部进行绑扎。其工艺如下：

1）用 0.2mm 厚的玻璃丝布或黄蜡绸剪成扇形包封布，将换向器焊头以下至铁心间的线圈包缠一周；

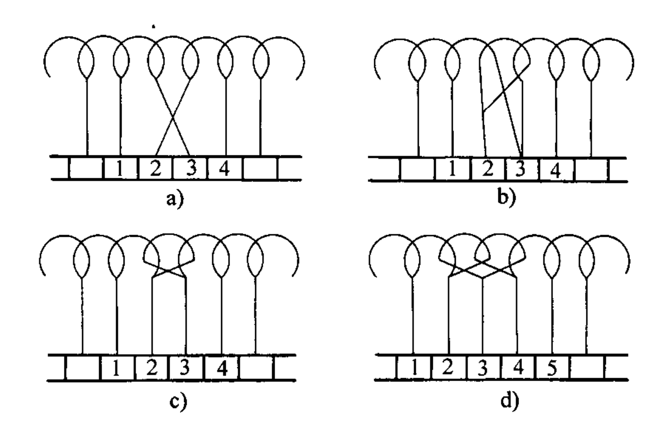


图 1-78 电枢绕组的串接和焊接错误举例
a）绕组引线焊错换向片 b）一个元件短接，一个元件跳接 c）一个元件反接 d）两个元件反接

2）用 1mm 粗的白帆绳从换向器端开始捆扎，并将绳头留长 100～150mm 后折向铁心方向；

3）用拇指压住白帆绳的始圈，将折向铁心的绳压在底下捆扎，并注意拉紧；

4）缠绕至全程的 2/3 时，将原来的绳头留圈回折向换向器端，留圈长度约超过铁心 10mm 左右；

5）仍把绳头压在下面继续捆绕，扎到铁心端面时，剪断后穿入留圈，并用手指压紧；

6）将留圈绳头沿换向器方向用力拉紧，末端绳头拉入捆绳下面，把多余的绳头剪齐。

表 1-39 单相串励电枢绕组与换向片接错原因的检测及处理

序号	检测方式	检测换向片		故障原因	处理方法
		条件	特征		
1	电阻表或万用表测换向片间电阻	$R_{k1-2}>2R_z$ $R_{k1-3}=R_z$		两焊头错位如图 1-78a	换向片上的 2 和 3 线头互换后重焊
2		$R_{k1-2}=\infty$ $R_{k2-3}=\infty$	$R_{k1-3}>>2R_z$	换向片 2 的焊头断路	检查焊牢
3			$R_{k1-3}\approx 2R_z$	换向片 2 上焊接的是一个元件的两根线头，如图 1-78b	将其改接焊回
4	电枢放在短路试验器上检测换向片间电压	$U_{k1-2}=0$ $U_{k1-2}>>U_{k1-3}\approx 0$	$U_{k2-3}>U_{k2-4}\approx 0$	换向片 2、3 元件反接如图 1-78c	将换向片 2、3 的线头调换后重焊
5		$U_{k1-2}>>U_{k1-3}\approx 0$ $U_{k2-4}\approx 2U_{k2-3}$	$U_{k3-4}>>U_{k3-5}\approx 0$	换向片 2、3、4 上的两个元件反接如图 1-78d	将这两个线圈反接过来即可
6		$U_{k1-2}>U_{k1-3}$ $U_{k2-3}\approx U_{k2-4}$		换向片 2、3 焊头调错如图 1-78a	将换向片 2、3 的线头调换即可
7	测片间电压及用铁片在槽口探试	$U_{k1-2}\approx 0$ $U_{k1-3}\approx U_z$	用铁片试槽口处，铁片有振动	故障原因如图 1-78b	改换焊回
8			用铁片试槽口处，铁片无振动	换向片 2 焊头断路	检查焊牢

注：R_{k1-2}—换向片 1 与 2 片间的电阻；　R_z—相邻两换向片间的正常电阻值；
U_{k1-2}—换向片 1 与 2 片间所测电压；　U_z—相邻两换向片间的正常电阻值。

六、串励电动机绕组的绝缘处理

串励两用电动机常应用于电动工具和家用电器，其绝缘性能至关重要。同时，它的工作转速很高，为防止绕组因离心力作用而损坏，这就要求经浸漆工艺具有足够的机械强度。

（一）绝缘检验

绕组在浸漆之前必须进行绝缘情况检验，检验方法有：

1. 摇表检查

对于重绕电动机的新绕组，其绝缘一般都应达到20～30MΩ以上。如果达不到此值，可进行若干小时的烘燥处理，并在冷却后再测。若绕组正常，应达到100MΩ以上。否则说明绝缘存在薄弱环节，应着重检查槽绝缘是否走位而引起导线碰铁。只有查出隐患，才能进行浸漆。

2. 耐压检查

为确保浸漆后能达到安全要求，电枢必须耐受交流1440V持续1min不击穿的试验。

（二）浸漆与烘干

1. 定子绕组浸漆、烘干

（1）预烘　绕组在85～100℃温度下先烘2h，然后升温至120℃再烘1～2h。预烘的目的是：

1）去除绕组绝缘中的潮湿；

2）消除电磁线漆膜的残留应力；

3）改善绝缘漆的流动浸润性；

4）形成局部真空，有利绕组吸收绝缘漆；

5）加速溶剂挥发。

（2）浸漆　定子绕组一般选用1032三聚氰胺醇酸树脂绝缘漆，要进行两次浸漆工艺：

1）经预烘的绕组从烘箱中取出，冷却至60～80℃；

2）绝缘漆用溶剂松香水（松节油）稀释粘度为18～22s左右；

3）将绕组沉浸入漆中15～20min后，取出滴干；

4）用擦布沾上溶剂松香水擦净铁心表面及引线上的余漆；

5）放至烘箱进行70～80℃的低温烘燥2～3h；再提高温度到115～125℃，再烘6～8h；

6）将绕组从烘箱取出稍冷却后再放入粘度为30～38s的漆内作第二次浸漆；

7）沉浸至无气泡冒出，取出滴干、擦净，再进行烘干。其工艺与第一次浸漆相同。

2. 电枢绕组浸漆、烘干

为了提高绕组的机械强度，电枢绕组推荐采用H43-1号无溶剂环氧树脂漆。浸漆工艺是：

1）预烘（工艺同定子绕组）；

2）将电枢从烘箱取出后，应使换向器向下直立固定；

3）用小号漆刷蘸无溶剂环氧树脂漆刷在绕组端部，边蘸边刷，使漆渗透人绕组内部；

4）将电枢反转过来，使换向器向上直立固定，在绑绳上刷漆两遍；

5）电枢放人约120℃的烘箱，烘燥约4～5h；

6）取出电枢进行第二次浸漆，工艺同上，然后再烘燥10h即可。

电枢绕组也可用1032绝缘漆浸渍，其工艺基本与定子绕组相同，但有不同特点：

1）采用换向器向上直立的深槽浸漆；

2）滴干及烘燥都必须直立放置；

3）第一次浸漆后的烘燥时间约为5～7h；

4）第二次烘燥时间为13～14h；

5）烘干后绕组端部刷一层环氧树脂。

七、重绕计算

（一）单相串励电动机的改压计算

电动工具用单相串励电动机常因为适应环境及使用安全而进行改变电压重绕。重绕参数的计算方法如下：

1. 改压后定子每极匝数

$$N_1' = N_1 \frac{U'}{U} \quad （匝）$$

式中　N_1、N'——改压前、后的定子绕组每极匝数；

U、U'——改压前、后的使用电压，V。

2. 改压后定子线径

$$d_1' = d_1 \sqrt{\frac{U}{U'}} \quad (mm)$$

式中　d_1、d_1'——改压前、后定子绕组线径，mm。

3. 改压后的电枢绕组元件匝数

$$N_2' = N_2 \frac{U'}{U} \quad （匝）$$

式中　N_2、N_2'——电枢绕组改压前、后的匝数。

4. 改压后电枢绕组线径

$$d_2' = d_2 \sqrt{\frac{N_2}{N_2'}} \quad (mm)$$

式中　d_2、d_2'——改压前、后电枢绕组导线直径，mm。

实例　有一单相串励电动机，原用电压110V，

今欲改为36V安全电压，试求重绕数据。

1. 原始数据：电压110V，极数$2p=2$；电枢绕组：元件匝数$N_y=38$匝，线径$d_2=0.34\text{mm}$；定子绕组：每极匝数$W_1=102$匝，线径$d_t=0.48\text{mm}$。

2. 改为36V定子每极匝数

$$N_1'=N_1\frac{U'}{U}=102\times\frac{36}{110}=33.38\text{ 匝}$$

取$N_1'=33$匝。

3. 改压后定子绕组线径

$$d_1'=d_1\sqrt{\frac{U}{U'}}=0.48\sqrt{\frac{110}{36}}=0.839\text{ mm}$$

选用$\phi0.83\text{mm}$ QZ型高强度漆包圆铜线。

4. 改压后的电枢绕组元件匝数

$$N_2'=N_2\frac{U'}{U}=38\times\frac{36}{110}=12.4\text{ 匝}$$

取电枢绕组元件匝数$N_2'=13$匝。

5. 改压后电枢绕组线径

$$d_2'=d_2\sqrt{\frac{N_2}{N_2'}}=0.34\sqrt{\frac{38}{13}}=0.58\text{ mm}$$

选用$\phi0.58\text{mm}$QZ型高强度漆包圆铜线。

（二）调整转速的计算

如需改变单相串励电动机的工作转速，或修理中由于原始数据或重绕数据不准，使修复后的电动机未能达到原来的转速性能时，可以适当增减定子或电枢绕组匝数进行调整。

定子、电枢绕组匝数与转速关系如下：

$$\frac{N'}{N}=\frac{n}{n'}$$

所以，调整转速后的绕组匝数为：

$$N'=N\frac{n}{n'}$$

式中 N、N'——调整前、后绕组匝数；

n、n'——调整前、后电动机工作转速，r/min。

（三）原始数据部分失落的参数补充计算

如果修理的单相串励电动机，只有定子绕组数据，或只有电枢绕组数据时，可由下式换算补齐重绕修理数据

$$N_1=K_BKN_2 \quad 或 \quad N_2=\frac{N_1}{K_BK}$$

式中 N_1——定子绕组元件匝数，匝；

N_2——电枢绕组元件匝数，匝；

K_B——变换系数，当$2p=2$时取$K_B=0.1\sim0.25$，$2p=4$时取$K_B=0.05\sim0.1$；

K——换向片数。

线径

$$d_1=1.41d_2$$

式中 d_1——定子绕组线径，mm；

d_2——电枢绕组线径，mm。

此外，对于无绕组而有铭牌的单相串励电动机，可用下式推算：

电枢绕组总导体数

$$N_2''=\frac{2\pi D_2A}{I}\quad（根）$$

然后再由上述关系算出定子绕组参数。

（四）无绕组空壳电动机重绕计算

1. 电动机功率估算

单相串励电动机计算功率

$$P_1=\frac{\alpha D_2^2l_2B_\delta An}{8.6\times10^4}\ (\text{VA})$$

式中 α——极弧系数，取$\alpha=0.6\sim0.7$；

D_2——电枢铁心外径，cm；

l_2——电枢铁心叠厚，cm；

B_δ——气隙磁密，取$B_\delta=0.35\sim0.5\text{T}$，大功率取较大值；

A——电枢线负载，一般取$A=60\sim120\text{A/cm}$，短时工作制可提高到160A/cm；

n——电动机工作转速，单相串励电动机转速一般为4000～15000r/min。

电动机输出功率

$$P_2=\frac{3\eta}{2+\eta}P_1\quad(\text{W})$$

式中 η——电动机效率，一般$\eta=0.5\sim0.6$。

2. 电枢电流

$$I=\frac{P_2}{\eta\cos\varphi\,U_N}\ (\text{A})$$

式中 $\cos\varphi$——电动机功率因数，一般$\cos\varphi=0.9\sim0.95$；

U_N——电动机额定电压，通常在36～250V之间选取。但它必须满足于下式。

$$U_N\leqslant Ke_t\ (\text{V})$$

其中 K——换向片数；

e_t——相邻换向片间电压，一般$e_t\leqslant6\sim8\text{V}$。

3. 电枢绕组总导体数

$$N_2''=\frac{\sqrt{2}\times60aE_a}{pn\Phi}\quad（根）$$

式中 E_a——电枢电势。

$$E_a=\frac{2+\eta}{3}U_N\cos\varphi\ (\text{V})$$

a——电枢绕组并联支路对数。对二极单叠绕

组 $a=1$；4 极电机 $a=2$；

p——极对数；

Φ——每极磁通，Wb。

$$\Phi = B_\delta b_0 l_1 \times 10^{-4}$$

其中 b_0——定子磁极宽度，cm；

l_1——定子磁极长度（叠厚），cm。

4. 电枢元件匝数

$$N_2 = \frac{N}{2K}\ (\text{匝})$$

计算的 N_2 值取整数后，修正 N 实际值。

5. 电枢绕组线径

$$d_2 = 1.13\sqrt{\frac{I}{Ja}}\ (\text{mm})$$

式中 J——导线电流密度，A/mm²。根据电动机工作情况而定。一般连续工作时，取 $J=5\sim6.5\text{A/mm}^2$；暂载率为 60% 时，取 $J=6.5\sim8.5\text{A/mm}^2$；暂载率为 40% 时，取 $J=8\sim10\text{A/mm}^2$。

6. 定子绕组计算

（1）定子绕组每极匝数

$$N_1 = K_B \frac{N_1''}{2}\quad(\text{匝/极})$$

式中 K_B——变换系数。当 $2p=2$ 时，取 $K_B=0.1\sim0.25$；$2p=4$ 时，$K_B=0.05\sim0.1$。

（2）定子绕组线径

$$d_1 = (1.34\sim1.45)\ d_2\ (\text{mm})$$

计算后选用标准规格导线。

（3）定子附加直流绕组计算

由于交流供电时，如负载较重转速会偏低；空载时转速会偏高。为使交直流供电时的转速相接近，常在直流供电时再串入附加励磁绕组，以增加电阻压降来保持转速不变。此外，在直流电源下工作时，因为变压器电动势不存在，故其损耗较低。

定子直流励磁绕组总磁通势根据去磁条件，由下式估算：

$$AN_1'' = (0.84\sim0.95)\ \tau A\ (\text{安匝})$$

式中 τ——极距，cm；

A——线负载，A/cm；

N_1''——定子励磁绕组总匝数。

在直流电源工作时，电动机效率也略有提高，一般取 $\eta'=0.6\sim0.8$，大功率可取较大值。

在直流电源上的运行电流为：

$$I_2' = \frac{P_N}{\eta' U_N}\ (\text{A})$$

式中 η'——直流供电时电动机效率。

直流励磁绕组总匝数

$$N' = \frac{AN'}{I_2'}\ (\text{匝})$$

直流励磁绕组附加匝数

$$N_{1f} = \frac{N'}{2} - N_1\ (\text{匝})$$

式中 N_1——定子绕组交流供电时每极匝数。

直流附加绕组导线选择

$$d_1' = d_1\sqrt{\frac{I_2'}{I_2}}\ (\text{mm})$$

7. 校验

（1）电枢铁心轭部磁密校验

$$B_j = \frac{\Phi}{1.86 h_{j2} l_2} \times 10^4\ (\text{T})$$

式中 h_{j2}——电枢铁心轭部高度，cm；

l_2——电枢铁心叠厚，cm。

长期工作制取 $B_j \leqslant 1.3\sim1.5\text{T}$；短时工作制可放宽到 $B_j \leqslant 1.5\sim1.7\text{T}$。当验算磁密过高时，应重选 B_δ 值复算。

（2）电枢铁心齿部磁密校验

$$B_{t2} = \frac{B_\delta t_2}{0.93 b_2}\ (\text{T})$$

式中 b_2——电枢槽齿宽度，cm；

t_2——电枢齿距，cm。

长期工作制取 $B_t \leqslant 1.3\sim1.5\text{T}$；短时工作制取 $B_{t2} \leqslant 1.5\sim1.7\text{T}$。如验算值超限时要重选 B_δ 值复算。

（3）线负载校验

$$A = \frac{NI}{6.28 D_2}\ (\text{A/cm})$$

实际线负载应在允许范围内。最好使与初选值的偏差小于 ±10%，如相差过大时要重选 B_δ 及 A 予以重算。

（4）槽满率校验　电枢绕组的槽满率可参考三相电动机的方法进行校验；也可采用所选用的导线每槽实际根数试嵌入绝缘槽中进行校验。

只有通过上述各项校验，重绕计算才能成立。然而，重绕修复后的电动机能否达到原性能的效果，则要通过试运转来检验。当转速过高或过低时，可参考上述重绕计算中第（二）项调整转速的计算内容进行参数调整。

实例　有一台无绕组交直流两用串励电动机空壳，实测数据如下：

转子外径 $D_2=5\text{cm}$，　转子叠厚 $l_2=5.2\text{cm}$，

转子轭高 $h_{j2}=0.9\text{cm}$，　转子齿宽 $b_{t2}=0.26\text{cm}$，

转子槽数 $Q_2=19$，　换向片数 $K=38$，

电机极数 $2p=2$。

今拟用于220V交直流电源，试按短时工作制求出重绕数据。

1. 电动机功率估计

选气隙磁密 $B_\delta=0.52\text{T}$，线负载 $A=130\text{A/cm}$，转速 $n=10000\text{r/min}$，$\alpha=0.67$。

1）电动机计算功率

$$P_S=\frac{\alpha D_2^2 l_2 n B_\delta A}{8.6\times10^4}=\frac{0.67\times5^2\times5.2\times10000\times0.52\times130}{8.6\times10^4}=685\ \text{VA}$$

2）交流输出功率

电动机功率较大，故取效率 $\eta=0.69$，则

$$P_N=\frac{3\eta}{2+\eta}P_S=\frac{3\times0.69}{2+0.69}\times685=527\ \text{W}$$

取 $P_N=550\text{W}$ 试算。

3）转子电流

取电动机功率因数 $\cos\varphi=0.9$，则

$$I_2=\frac{P_N}{\eta\cos\varphi U_N}=\frac{550}{0.69\times0.9\times220}=4.03\ \text{A}$$

2. 转子绕组匝数计算

1）每极磁通

定子磁极宽度计算值 $b_0=\alpha\tau=0.67\times\frac{3.14\times5}{2}=5.26\ \text{cm}$

$$\phi=B_\delta b_0 l_2\times10^{-4}=0.52\times5.26\times5.2\times10^{-4}=14.22\times10^{-4}\text{Wb}$$

2）电枢绕组电动势

$$E=(0.75\sim0.82)U_N=165\sim180\ \text{V}$$

取 $E_1=170\text{V}$，则

电枢绕组总导体数

$$N_2''=\frac{\sqrt{2}\times60aE}{pn\phi}=\frac{\sqrt{2}\times60\times1\times170}{1\times10000\times14.22\times10^{-4}}=1014\ 根$$

3）转子绕组元件匝数

$$N_2=\frac{N}{2K}=\frac{1014}{2\times38}=13.34\ 匝$$

取元件匝数为 $N_2=13$ 匝，实际绕组总导体数为

$$N_2''=2KN_2=2\times38\times13=988\ 根$$

4）转子绕组导线选择

选导线电流密度 $\dot{J}=10\text{A/mm}^2$

$$d_2=0.799\sqrt{\frac{I_2}{\dot{J}}}=0.799\sqrt{\frac{4.03}{10}}=0.507\ \text{mm}$$

取标准导线直径 $d_2=0.51\text{mm}$QZ型漆包圆铜线，导线实际截面积 $A_2=0.204\text{mm}^2$。

3. 定子绕组计算

1）交流励磁每极匝数

选变换系数 $K_B=0.21$，每极匝数为

$$N_1=K_B\frac{N_2''}{2}=0.21\times\frac{988}{2}=103.7\ 匝$$

取 $N_1=104$ 匝。

2）交流绕组导线截面积

$A_1=(1.8\sim2.1)A_2=1.8\times0.204=0.367\ \text{mm}^2$

选用标准导线直径 $d_1=0.67\text{mm}$QZ型漆包圆铜线，导线实际截面积 $A_1=0.353\ \text{mm}^2$

$$N_1''=\frac{AN'}{I_2'}=\frac{970}{3.57}=272\ 匝$$

3）直流每极附加绕组匝数

$$N_{1f}=\frac{N_1''}{2}-N_1=\frac{272}{2}-104=32\ 匝$$

4）附加绕组导线选择

$$d_1'=d_1\sqrt{\frac{I_2'}{I_2}}=0.67\sqrt{\frac{3.57}{4.03}}=0.63\ \text{mm}$$

选用标准导线直径 $d_1'=0.64\text{mm}$QZ型漆包圆铜线。

4. 校验

1）转子齿距

$$t_2=\frac{\pi D_2}{Q_2}=\frac{3.14\times5}{19}=0.826\ \text{cm}$$

2）转子齿部磁密校验

$$B_{t2}=\frac{B_\delta t_2}{0.93b_{t2}}=\frac{0.52\times0.826}{0.93\times0.26}=1.776\text{T}$$

3）转子轭部磁密校验

$$B_{j2}=\frac{\Phi}{1.86h_{j2}l_2}\times10^4=\frac{14.22\times10^{-4}}{1.86\times0.9\times5.2}\times10^4=1.63\ \text{T}$$

4）线负载校验

$$A=\frac{N_2''I_2}{6.28D_2}=\frac{988\times4.03}{6.28\times5}=126.8\ \text{A/cm}$$

5）换向器使用条件校验

$$\frac{U}{K}=\frac{220}{38}=5.79<6\sim8\ \text{V}$$

6）校验定子绕组电流密度

$$j_1=\frac{I_2}{A_1}=\frac{4.03}{0.353}=11.4\ \text{A/mm}^2$$

因是短时工作制，各校验值均在允许范围内。

7）定子附加直流绕组匝数

① 在直流供电下工作时，直流励磁绕组总磁势 $AN'=(0.84\sim0.95)\ \tau A=0.95\times7.85\times130=$ 970 安匝

② 直流电流 直流电源运行时的效率略有提高，设 $\eta'=0.7$ 时

$$I_2'=\frac{P_N}{\eta' U_N}=\frac{550}{0.7\times220}=3.57\ \text{A}$$

③ 直流励磁绕组总匝数

8）槽满率校验

试将所选导线，按每槽导体数嵌入电枢绝缘槽中进行实际校验合格。

上述各项参数校验均在合理范围，是允许的。

第五节 家用电器单相电动机的故障检修

单相电动机广泛应用于家用电器，大多数属专用电动机，并且往往与各用途电器机构组装成一体，也和电气、机械控制系统结合紧凑，因此与一般电动机作为独立驱动的情况有所不同。鉴于家用电器品种繁多，结构、性能不同，尤其电气、机械系统的故障较多，均直接或间接影响电动机正常运行。所以，发生故障时拆卸检修工艺方法也比单一电动机相对复杂得多。下面将各种常用家用电器电动机的常见故障及有关系统主要元部件的检修特点扼要分别介绍。

一、台扇电动机的故障检修

台扇是电扇的基本类型。落地扇、台地扇、壁扇及顶扇等都是台扇的派生产品。因此，台扇电动机的故障检修方法也完全适用其派生产品的修理。

（一）台扇电动机和电气、机械控制系统的常见故障与处理方法

电扇故障有电气方面和机械方面的，不一定都属电动机故障。为此，要根据各种故障现象进行分析，再通过仪表或其他手段仔细检查，才能找出故障点加以排除。

台扇电动机和电气、机械控制系统常见故障和处理方法见表 1-40。

表 1-40 台扇电动机和电气、机械控制系统常见故障原因及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机不转且无声	1. 电源未接通 2. 调速电抗器断路 3. 绕组断路 4. 电容器开路	1. 检查电源插座、熔丝、开关触点等是否开断 2. 测检调速器是否开路 3. 在引出线端测量其电阻值 4. 测量电容器是否开路
2	电动机不转但有响声或熔丝爆断	1. 线路接地或短路 2. 绕组有严重短路现象 3. 定、转子严重“拖底” 4. 机械部分有“卡死”	1. 检查线路绝缘 2. 测量线圈电阻或电压进行比较 3. 拆卸检查定转子间擦痕 4. 详细检查风叶、定转子间、摇头机构等有无变形及异物卡住
3	电动机时转时不转	1. 电源心线受损接触不良 2. 开关触点接触不良 3. 电容式电扇的电容器有软击穿 4. 罩极电动机的罩极线圈开路 5. 定转子有轻微“拖底” 6. 机内连接线或电容器焊接不良	1. 测量导线电阻，并用手扳动所测线段，如有变化即有故障点 2. 检查开关弹簧是否失效，触点是否退火、变形或走位 3. 更换电容器 4. 拆卸后观察检查 5. 卸开检查是否有擦痕 6. 检查后重焊

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
4	电动机起动困难	1. 轴与轴孔间隙增大 2. 轴承不同心 3. 转子铜条断裂 4. 电容器质量差，电容量变小 5. 主、副绕组有短路 6. 罩极电动机个别短路环开断 7. 电压过低	1. 检查定转子间隙是否均匀，或检查轴承 2. 在精密机床上校正、调整 3. 用转子笼条质量检查仪检查 4. 更换新电容器再试 5. 用电阻法或电压降法测量比较 6. 卸开检查 7. 检查电源电压
5	电动机不能自起动，用手助动风叶才能起动	1. 副绕组开路 2. 罩极电动机短路，线圈开断或脱焊 3. 机械装配不正	1. 检查副绕组电阻或电容器是否开路 2. 拆卸后外观检查 3. 进行调整并加油，使用手盘动时能有惯性自转
6	电动机高速挡正常，其余转速变慢	1. 轴承缺油 2. 机械转动部分调整较紧 3. 电动机内尘埃或油污积层过厚 4. 电抗调速器线圈设计不合理	1. 加机油 2. 用手转动检查调整 3. 拆卸清洗 4. 适当减少慢挡抽头匝数
7	电动机高速挡慢而无力，且伴有噪声	1. 装配后两轴承不同心 2. 转轴与轴承间隙过大 3. 转子端环或笼条断裂 4. 绕组短路	1. 在机床上检查调整 2. 更换新轴承 3. 用笼条质量检查仪检查或更换转子 4. 用直流电阻法或压降法检查、处理
8	电动机运行时有振动和噪声	1. 轴承磨损 2. 轴向窜动过大 3. 定、转子间有杂物 4. 风叶固定螺钉松脱 5. 风叶套孔与电机轴的配合间隙过大 6. 风叶变形 7. 轴伸变形、弯曲 8. 调速电抗器铁片松动 9. 绕组中个别线圈反接	1. 检查间隙不得大于基孔制转动配合的30% 2. 用手推动检查，增加垫片调整使其轴窜量在0.3～0.5mm范围 3. 拆卸检查并清除杂物 4. 旋紧螺钉使风叶固定 5. 卸下测量如过松可垫铜皮 6. 校正或更换风叶 7. 校正或更换新轴 8. 检查后重新夹紧 9. 用指南针法检查并改正
9	电动机起动或运行时冒火花	1. 绕组引线碰壳 2. 主、副绕组间绝缘损坏 3. 绕组受潮击穿	1. 检查出故障点作绝缘处理 2. 查出短路点作绝缘处理或重绕 3. 作干燥浸漆处理
10	电动机温升过高	1. 润滑油干涸 2. 定、转子气隙内有油泥、尘埃或铁屑 3. 绝缘老化 4. 电压不符 5. 通风道阻塞 6. 重绕数据错误 7. 绕组匝间短路 8. 绕组有个别线圈极性接反 9. 主、副绕组局部短路	1. 检查清洗后加油 2. 拆卸后清除干净 3. 视情况可作浸漆或重绕处理 4. 测量电源电压不得高于额定电压10% 5. 卸开清除 6. 根据接法及匝数进行磁密校验检查 7. 检查处理或更换绕组 8. 用指南针法检查并改接纠正 9. 检查故障点并作绝缘处理

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
11	电扇不摇头	1. 转轴涡轮对磨损失去传动能力 2. 牙杆传动齿轮对磨损 3. 连杆损坏 4. 连杆开口销脱落 5. 控制摇头软轴钢丝损坏而“卡死” 6. 离合器弹簧夹断裂或严重变形失效 7. 离合器或角度盘钢珠脱落	1. 更换涡轮 2. 更换新齿轮 3. 重新配连杆 4. 重新配装 5. 更换新钢丝 6. 更换新弹簧夹 7. 重配钢珠
12	电扇摇头失灵	1. 摇头机构零件磨损 2. 摇头机构有卡住现象，转动不灵活 3. 离合器钢珠有一颗脱落 4. 离合器弹簧变软	1. 检查并更换磨损件 2. 清洗加油并修整传动机构 3. 重配钢珠装上 4. 更换新弹簧夹
13	电扇摇头失控，不能停摇	1. 控制摇头软轴钢丝断裂 2. 软轴钢丝端头松脱 3. 离合器等传动部分被人为固定卡住	1. 更换新钢丝 2. 调整到适合位置后固定 3. 拆除检查修理损坏部位
14	电扇调速失灵	1. 调速电抗器的线圈故障 2. 抽头调速绕组有短路现象 3. 调速开关定位弹子失落，触头接触不良 4. 调速开关触片烧断	1. 查出短路点或断路故障点进行处理或重绕 2. 卸开检查处理或重绕 3. 配装弹子修复或换新 4. 更换开关或部件
15	调速琴键开关各挡均不通电	1. 电源导线与开关焊点脱落 2. 通电簧片变形与通电片接触不良	1. 检查接好焊牢 2. 更换簧片或琴键开关
16	调速琴键开关有时两挡琴键卡住	1. 自锁片损坏失效 2. 自锁片脱落	1. 重新修配或更换 2. 重新装好
17	指示灯不亮	1. 灯泡断丝 2. 灯泡在灯座中松动 3. 导线脱落	1. 换新 2. 拧紧或更换新灯座 3. 检查后重新焊接
18	电扇外壳麻电	1. 绝缘下降引起泄漏电流造成外壳带电 2. 绕组或线路有接地现象 3. 绕组分布电容引起外壳带电	1. 用绝缘电阻表检查绝缘应不低于 2MΩ，否则应作绝缘干燥处理 2. 拆开检查并处理接地点 3. 将金属外壳妥善接地

（二）台扇的拆卸与装配

台扇电动机产生故障时必须拆卸机头。拆卸的方法和步骤是：先卸下前网罩、风叶、后网罩；再松开机头螺丝取下机头尾盖，卸下齿箱盖、调控摇头钢丝绳、机头后盖；最后取出电动机定子与转子。

台扇电动机检修好后，要经必要的绝缘、烘干、试验，然后再装配。装配的步骤与拆卸时正好相反。

（三）台扇电动机绕组故障修理

台扇电动机绕组的常见故障有：线圈断路、匝间短路、接地；主、副绕组短路或极性接反。故障的检修方法、顺序可参见本章有关电容运转电动机及罩极电动机绕组故障修理内容。

台扇电动机属专用电动机，它区别于通用型电动机，所以当电动机绕组需重新绕制时，应注意如下修理特点：

1）拆卸旧绕组时，要用专用扁平凿或钢锯将接线端从槽口截齐，但不要弄散；再用截面形状与槽形相近略小的专用钢制退线棒以铁锤敲击，将线圈导线循槽退出。

2）台扇电动机绕组布线、嵌线方式与电容电动机基本相同。但由于电容式台扇定子多采用 8 槽和 16 槽两种铁心，即每相均为 4 只线圈，使 8 槽绕制双层绕组，16 槽绕制单层绕组。

台扇电动机重绕嵌线方式有两种：

（1）叠绕法　它可用于单层叠绕和双层叠绕，是 8 槽定子双层绕组的正规嵌法。

双层叠绕的嵌线规律是：主、副绕组相同对应边（下层边）顺序交替嵌入槽中，当嵌入（$y+1$）个线圈边后开始整嵌，即将此线圈两有效边分别嵌入相应槽内，直至完成。

8 槽电动机双叠嵌线工艺是：

1）主绕组线圈一边嵌入槽 1 下层，另一边“吊把”；

2）副绕组线圈一边嵌槽 8 下层，另一边“吊把”；

3）主绕组第 2 只线圈一边嵌入槽 7 下层，并将另边嵌入槽 1 上层；

4）副绕组第 2 只线圈一边嵌入槽 6 下层，再把另边嵌入槽 8 上层；

5）如此类推，嵌完后如图 1-26a 所示。嵌线顺序可参考下表：

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	1	8	7		6		5		4		3		2			
	上层				1		8		7		6		5		4	3	2

单层叠绕嵌线规律是：主、副绕组交替隔一槽顺次嵌线。

16 槽电动机单叠嵌线工艺是：

1）主绕组一线圈边嵌入槽 1，另一边“吊把”；

2）隔空槽 16 再把副绕组线圈一边嵌入槽 15，随即将另一边嵌入槽 2；

3）主绕组第 2 只线圈隔空一槽后，分别嵌入槽 13 和槽 16；

4）隔一槽再嵌副绕组线圈。依此类推，直至完成。嵌线顺序可参考下表：

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	沉边	1	15	13		11		9		7		5		3			
	浮边				16		14		12		10		8		6	4	2

注：单层绕组在槽中无上、下层次，为区别线圈两有效边，特将先嵌的线圈边（其端部被后嵌边压住）称为沉边；后嵌线圈边为浮边。

（2）整嵌法　嵌线时无需吊把，是将主、副绕组分相嵌入相应槽内，使其线圈的端部分置于两个不同平面，故又称双平面布线。它也可用于单层绕组和双层绕组，是 16 槽定子单层绕组的正规嵌法。

双层绕组整嵌的工艺特点是，除主、副绕组分置于不同平面外，就其绕组本身在槽内还存在交叠成分，故嵌线时要从线圈的对应边开始。

8 槽定子双层绕组整嵌工艺：

1）先将主绕组线圈左边嵌入槽 1 下层，另一边吊把；

2）第 2 只主绕组线圈左边嵌入槽 7 下层，并随之把右边嵌入槽 1 的上层；

3）依次嵌入主绕组其余两只线圈后，再垫好相间绝缘；

4）把副绕组一线圈的左边嵌入槽 2 下层，另一边吊把；

5）将副绕组第 2 只线圈两边分别嵌入槽 8（下层）和槽 2（上层）；

6）依此类推，把其余副绕组线圈嵌入相应槽内。嵌线次序可参考下表：

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下平面	1	7	1	5	7	3	5	3								
	上平面									2	8	2	6	8	4	6	4

单层绕组整嵌工艺特点是嵌线最为方便，同相绕组不存在同槽交叠的情况，使主、副绕组形成完整的上下平面层次。

16 槽定子单层绕组整嵌工艺：

1）嵌入主绕组第 1 只线圈于槽 1、4；

2）再嵌主绕组第 2 只线圈于槽 13、16，并依此嵌完主绕组其余线圈；

3）嵌入副绕组线圈于槽 3、6；同理把其余线圈嵌入相应槽内。嵌线完成后如图 1-27 所示。嵌线顺序可参考下表：

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下平面	1	4	13	16	9	12	5	8								
	上平面									3	6	15	2	11	14	7	10

目前，调速电扇多采用抽头式，调速绕组的布线视接法而定。一般采用 L—1 型接法（见图 1-34）时，调速绕组嵌于主绕组槽内面层；L—2 型则嵌于副绕组面层。

（四）台扇电动机轴承损坏的修理

1. 电扇电动机轴承的特点

为了降低噪声，电扇电动机采用滑动轴承，材质采用铜基或铁基粉末冶金压制成型的含油轴承。常用两种结构形式：球形轴承常用于电容式电扇，它装配方便，轴承座是弹性结构，能自行调整中心，但由于轴承较短，比较容易磨损；管形轴承在罩极电扇中用得较多，它的运行噪声最低，且较耐用，但要求电动机各部的加工同心度准确，同时在装卸过程中容易引起损坏。

2. 电扇轴承磨损的判断方法

（1）通电检查　电动机轴承严重磨损后会造成偏心。这时用手拨动则风叶轻快转动，但通电后转子立刻被定子铁心吸住相碰而不能起动；有时，轴承尚未磨损到定、转子相擦，但已引起气隙严重不均，通电后用手拨动勉强能起动，但运转一段时间后，转速会开始下降直至停转。此轴承应更换。

（2）发热漏油的检查　如电动机运行时发出“嚓、嚓”声，并伴随定子外壳及转轴发热，这说明轴承有松动而造成局部相擦。这时可以卸开前、后端盖，检查漏油情况。因为轴孔间隙越大越不易储油，所以漏油多的轴承必定是磨损严重的轴承。

（3）摇动检查　将轴承清洗干净并装配好后，用手捏住转轴，试上下左右扳动，如发现有明显松动感，则说明轴承严重磨损。但检查时要注意上紧球形轴承盖板上的固定螺丝和端盖螺栓，以免造成误判。

3. 电扇轴承的拆卸

（1）管型轴承的拆卸方法　一般轴承座是穿透式，即非压入端的端盖外孔等于或大于轴承外径。拆卸时可用一段内径大于轴承外径的套筒衬在端盖下面，然后用一段专门拆卸轴承的铜棒（其小头直径略小于轴承内径，肩头直径略小于轴承外径），并在铜棒肩头上垫上红钢纸板的平垫，如图 1-79 所示，便可把轴承向下敲出。

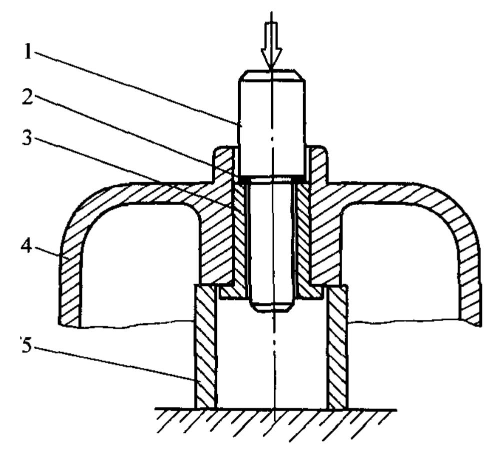


图 1-79　穿透式端盖的管型轴承拆卸

1—铜棒顶杆　2—红钢纸板垫圈
3—管型轴承　4—电动机端盖
5—支承套筒

封尾式轴承座的轴承拆卸不能采用上法，因为轴承座尾孔直径小于内径。这时可用丝锥将坏轴承内孔攻螺纹，找一根较长的全牙螺杆旋入轴承，衬垫套筒套入螺杆顶住轴承座，再垫上平垫，旋紧螺帽便可把轴承拉出。参见图 1-80。

（2）球型轴承的拆卸方法　球型轴承的拆卸很方便，只要将端盖拆卸开来，旋出背面轴承压板的三颗螺丝即可取下。

4. 电扇轴承的调整与修理

（1）轴承的换位调整使用　轴承磨损后，一般应更换新配件。如一时无新轴承，而原轴承磨损又不特别严重时，可将其做好方位记号，然后卸下来把前后轴承互换，再按原方位转动 90°后装入轴承座内。通过上述调整后，多数情况能恢复正常运行一段时间。

（2）轴承的开口压合法修理　电扇含油球轴承磨损后，如无备件也可将轴承一侧沿轴向锯开，清除内孔锯口毛刺，外口锉出斜面如图 1-81 所示。找一

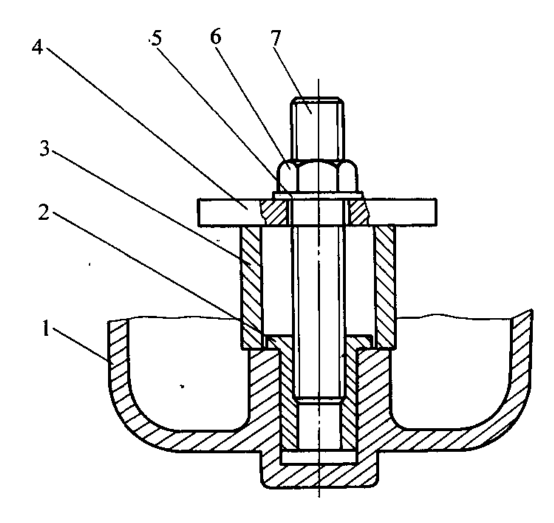


图 1-80 封闭式端盖的管型轴承拆卸

1—电动机端盖 2—管型轴承 3—支承套筒 4—压板 5—垫圈 6—螺帽 7—螺杆

根比原轴略小 0.1 ~ 0.15mm 的光洁圆棒穿入轴承内，用虎钳轻夹使锯口缩小，再用焊锡把锯缝焊牢填满；然后用铰刀或砂纸将内孔修磨光滑，套人轴上如转动灵活，且无明显松动，则说明此轴承修整完好可用。若转动不灵活，则擦去轴承内油渍，再把轴承套人转轴转动几下，取出后用刮刀刮去轴承内孔由转动几下时所留下的不均匀斑点，经过反复修整，直到轴承转动灵活为止。

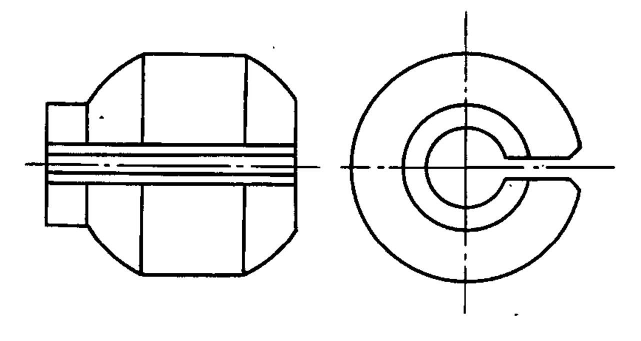


图 1-81 球型轴承的开口压合修理

（3）轴承的挤压法修理 用一块略厚于球型轴承长度的钢板，钻成如图 1-82 形状的阶梯孔，L 约为厚度的 2/3，D_1 等于轴承外径，D_2 比 D_1 减少 0.07 ~ 0.15mm，用细砂纸稍作打磨，然后涂抹少许黄油，将轴承从 D_1 孔端放人，并在虎钳口垫上紫铜板，将轴承随即压人。压平后再在 D_1 孔加套，D_2 孔加铜棒将轴承顶出。然后套人轴中检查，若稍紧可用铰刀采取上述修整至适当；如感觉仍过松，则将 D_2 再缩小重压。一般经 1 ~ 2 次挤压后，便可使轴承修复。

5. 风扇轴承的装配

（1）球型轴承的装配 老式轴承是用黄铜车制，

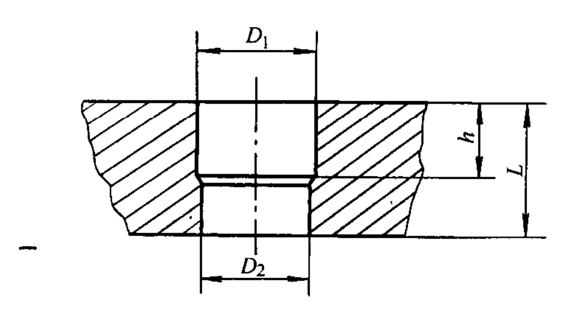


图 1-82 轴承修理挤压模

并在轴承外开油槽及钻油孔。轴承从端盖内端装人，并用垫圈压板及螺栓拧紧；将转子套人前轴承内孔及装上后端盖。由于老式电扇的端盖止口配合较松，轴承又没有完整的自动调整结构，故需稍拧紧螺丝后，用木锤轻敲，使转子达到转动最灵活位置后，拧紧螺丝。最后给前轴承加人机油，并旋紧油杯。后轴承与油箱相邻，油箱内的黄油可供轴承使用。

新式球轴承是含油轴承，装配前只需在轻质机油中沉浸数小时，依靠渗人的油即能起润滑作用，故无须油槽及油孔。球轴承再经羊毛油毡、调心弹簧及压板用三颗螺丝压紧在弧面轴承座内。

由于新式球轴承具有自动润滑、自动调心，简化了装配调整工序，节省不少工时，所以为目前的电扇厂广泛采用。

（2）管型轴承的装配 新的管型轴承要在适当位置钻上油孔和开油槽，然后在轴承外圆周抹上少许黄油，试将轴承用手推人轴承座。如觉过松，可用冲头在外圆四周均匀地冲出小点；若过紧则用细砂纸将轴承外圆周打磨至适度。装配轴承时，将端盖倒过来平置，轴承的油槽对准端盖上的油孔，用手压人少许，再拿圆硬木棒作衬垫，用铁锤把轴承敲人端盖的轴承座内相应位置；擦拭干净后，加油，再作电机装配。

（五）电扇风叶抖动的修理

电扇起动后如产生剧烈振动，甚至跳动的原因主要是风叶变形，其次是主轴端弯曲或轴承磨损。风叶变形造成抖动原因及校正调整方法如下：

1. 风叶根盘校正

校正时卸去整个风罩及风叶，将风扇置于水平位置，用手把电动机主轴向后推到底，百分表装在活动支架上（要稳固），移至主轴端上方，慢慢转动轴端。如检查证明无轴端弯曲变形才能进行风叶的校正。

校正时先装好风叶，再将百分表移至前面对着风叶根盘平面，如图 1-83 箭头 1 所示；缓慢转动风叶，要求根盘平面的误差不应超过 0.1 ~ 0.15mm。如误差

过大，可卸下来放上机床调整校正。

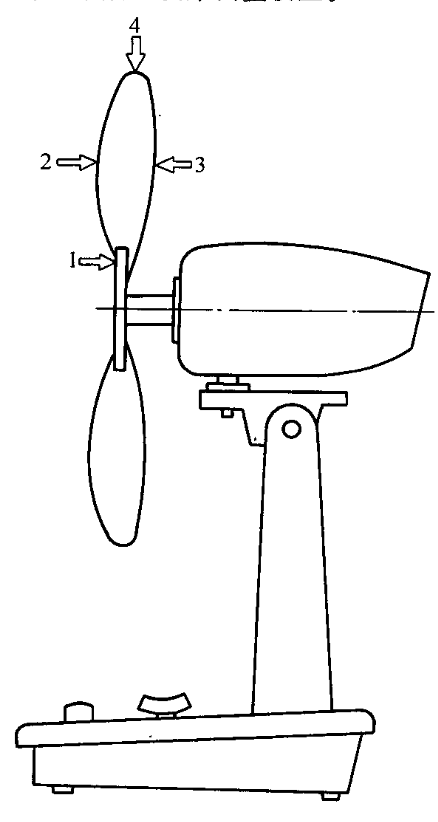


图 1-83　风叶校正示意

1—风叶根盘校正点　2—风叶扭角前校正点

3—风叶扭角后校正点　4—风叶摆度校正点

2. 风叶扭角变形的校正

风叶扭角即扇叶扭转的角度。如三只扇叶扭角不同，则转动时必然产生不同阻力引起风叶动平衡失调而抖动。通常，采用划针来校正风叶。校正前面、后面及顶上三点，如图 1-83 箭头 2、3、4 所示。这样能基本满足使用要求。校正时使划针靠近校正点，然后缓慢转动叶片，检查各叶片同一点与划针距离应相同，若相差，可适当用力扳动风叶进行调整。调整好一点后再进行另一点校正；几点校完再复检前面的校正点。如此反复进行数次，才能达到误差不超过 0.15mm。当校正风叶顶点误差较大时，应检查风叶轴套配合是否间隙过大，如过大，应加垫薄铜皮使配合间隙减少并提高同心度。

3. 不用工具校正风叶的简易方法

如果没有百分表和划针盘，也可用一根直径约 0.6~1.0mm 的铜线或铝线，拆卸前罩网后，将此铜线一端缠绕固定在校正点附近的后罩网上；另一端用手拗直接近校正点，然后转动风叶进行校正，顺序如上。这样反复数次，也同样基本满足使用要求。

4. 风叶静平衡校正

风叶一般是用 1.5~2.0mm 铝板冲压成形，每片风叶的重量基本相等。但由于材质和工艺难免造成重量误差，从而导致运转时离心力不等而产生抖动，故应做风叶静平衡校验。校正时将风叶卸下来套人标准轴中，放在刀口架上，根据转动停止重点必向下的原理，可找出相对较重的扇叶。用此法多做几次校验，便可得出正确的结果，最后在较重的扇叶外缘非校正点上锉去若干材质，使减轻重量达到平衡。

（六）转子主轴松动的修理

由于电扇电动机主轴与转子的铁心材质不同，特别是对用铸铝来固定转子铁心的无轴肩主轴，如果配合的过盈量稍小，因热胀冷缩不同的作用常容易造成主轴轻微松动故障。

转子主轴松动后电扇运转一段时间后，便会发出轻微“嗒嗒”的有节奏撞击声。轻者只有在高速运转时出现噪声，严重时也在低、中速时发生。判断这种故障通常采用的方法是把电扇开在最高速挡，当出现“嗒嗒”的有节奏噪声时立即关断电源，使定子旋转磁场力矩消失后再作判断。若断电瞬间噪声即消失，则基本属此类故障。这时可进一步检验判断，即卸开电动机取出转子，一手握转子铁心，另一手用电工钳夹住转轴，并左右用力旋转，如主轴有松动感则判定故障主因。检验时为避免损伤主轴，可在钳口上衬垫铜皮或布条，同时不要夹在轴承挡部位。

转子主轴松动的修理法有四种：

1. 重力助紧法

主轴轻微松动可用此法。只要取一块硬木作砧座，双手握住转子铁心使主轴端平面竖立在砧座上，然后提起稍用力撞向砧座几下。这是利用转子铁心本身的重力“势能”，便可消除主轴轻微松动故障。当然这方法属“治标”性质，运转一定时间后仍可能再次松动，则要采用其他方法。

2. 挤压修理法

如主轴与铁心稍有松动，可找一根合适的铁管子套在主轴的一头，并将铁心竖起垫实，用冲子或钝口凿沿主轴周围冲击一周，使铁心材料向主轴挤压；然后用同样方法处理转子另一头，则松动故障可以消除。

3. 铆接修理法

由于电扇电动机功率较小，如主轴松动可用 ϕ1.5~2mm 钻头分别在转子两端凸缘上钻出相互垂直的小孔，如图 1-84 所示，再用铜线或铝线穿人孔内，铆实两端即可。

4. 粘结修理法

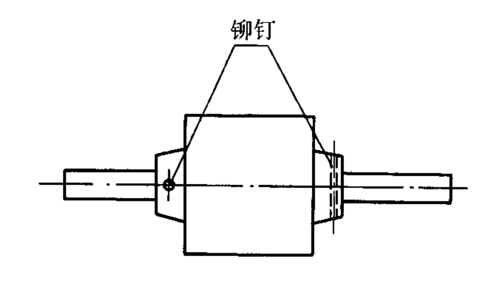


图 1-84 主轴松动铆接示意

将转子主轴两端铸铝凸缘各锯深槽至主轴面为止，但要保留轴肩，用錾子凿开主轴周围的铸铝，注意不应损坏端环的铸铝，并用汽油清洗凿开面待干；然后把转子垂直放置，将 CH31 胶粘剂按使用说明调好后注入凿开面，等胶液流平后静置 24h；第二天再调头用同样方法粘结另一头，待干燥四天后完全固化即可使用。

如果主轴松动并有严重磨损，上述修复方法既不能保证其同心度，也无再修的价值，必须更换新主轴。

（七）电扇噪声故障及其消除法

电扇运转时的声音应是轻微而均匀的，如发出不正常声音超过表 1-41 的限值便属噪声。

表 1-41 各种风扇噪声最大容许值

台扇、壁扇、落地扇等		吊扇	
规格 /mm	最大噪声功率级 /dB	规格 /mm	最大噪声功率级 /dB
200	59	960	62
250	61	1050	65
300	63	1200	67
350	65	1400	70
400	67	1500	72

电扇的噪声主要有电磁噪声、机械噪声及空气动力噪声。

1. 电磁噪声

它是一种连续不断或强或弱的“嗡嗡”声，是产生于电动机定、转子气隙中。其原因多数属于制造质量缺陷，采用简易修理很难克服，只能通过检验重绕定子绕组或转子解决。电动机质量缺陷一般可能有：

1）气隙磁密过高，磁路过分饱和；

2）绕组电气上不平衡或局部短路；

3）转子断条或笼条压铸缺陷造成不平衡；

4）转子细微轴弯或装配不良造成气隙不均等。

2. 机械噪声

机械摩擦产生的噪声也有多种原因，例如：

（1）轴承引起的噪声　由于轴承磨损后使间隙增大或不均，轴承的润滑作用变劣，并导致轴承发热和磨损，致使运转中发出“哒哒”声。检查和修理方法参阅本节“台扇电动机轴承损坏的修理”内容。

另外，球形轴承调心弹簧夹失效，或压板螺丝松动也会引起轴承跳动而发出上述噪声。消除的办法是拧紧压板螺丝，或将羊毛毡浸透机油并加垫一层 0.5mm 厚青壳纸后组装复原使用。

（2）扇叶变形引起的噪声　风叶变形会使风扇运行时抖动而产生“哒哒”噪声。消除办法参见“电扇风叶抖动的修理”风容。

（3）转子轴向窜动引起的噪声　电扇的转子应有少许轴向窜动，但一般不得大于 0.3mm。如果窜动量过大，便会发出“哒哒”噪声。特别是在起动和停止过程尤为明显。消除方法是卸开端盖，在轴上添加用红钢纸板冲制的垫圈，使轴窜量小于 0.3mm。

（4）转子与主轴松动引起的噪声　转子与主轴松动的处理方法见本章“转子主轴松动的修理”内容。

（5）减速箱工作不良引起的噪声　原因主要是电扇尾部减速箱中的润滑脂混有较多灰尘、杂质，使涡轮对工作状况恶化而发出“嚓嚓”声。消除方法是先检查涡轮对，如有毛刺则应修整，若磨损过度，应予更换；同时将减速箱内的旧油脂清除并清洗干净后加上新油脂。

（6）摇头连杆引起的噪声　电扇的摇头连杆要求安装位置正确并运转灵活，且两孔距离要满足四连杆运动的规律。否则就会造成连杆有短暂的“卡死”现象，从而使机头发出“嗒嗒”的间歇响声。消除办法是矫正连杆变形，如连杆孔磨损则要重配。

3. 空气动力噪声

电扇运行时，轴向风压绕过风叶后缘，由于摩擦作用，会产生空气旋涡而形成环流，这股环流叠加在风叶向前送出的均匀气流上就产生气流噪声。正常时这种噪声是很低的，但若轴端微弯或风叶变形，则由于各风叶上的气流压力不均匀，风叶便发生抖动而产生不正常噪声。这时应对风叶进行校正调整。其检查调整方法见本章“电扇风叶抖动的修理”内容。

（八）电扇调速器的配置与选用

电扇采用的调速方式有多种，调速线路已在本章“电风扇调速”中介绍，下面对几种调速元件的配置、计算与选择举例叙述。

1. 自耦降压调速器的简易计算

（1）铁心截面积

$$A_{Fe}=K_e\sqrt{P_j}\ (cm)$$

式中　K_e——铁心叠压系数，一般取 $K_e=1.15\sim1.2$；

P_j——自耦变压调速器计算功率，W。

$$P_j=\frac{K-1}{K}P_1\ (W)$$

式中　K——变比，$K=U_1/U_n$；

U_1——高速挡电压（即电源电压），V；

U_n——各挡输出电压，V；

P_1——电动机输入功率，W。

$$P_D=U_D\cdot I_D$$

式中　U_D——电扇慢速起动时的最低电压，一般由实验测取，也可由下式估算：

$$U_D=K_m\cdot U_N\ (V)$$

式中　K_m——电压调速系数。对罩极式台扇及250mm以下电容式台扇取 $K_m=0.65\sim0.72$，对300～400mm电容式台扇取 $K_m=0.58\sim0.63$，对吊扇取 $K_m=0.41\sim0.43$；

U_N——电源额定电压；

I_D——电扇低速挡时的电流，由实验测得，其值也可由下式估算

$$I_D=K_m\frac{P_h}{U}\ (A)$$

式中　P_h——电扇消耗功率，W，可参考表1-42选取。

表1-42　电扇估算消耗功率参考值

型　式	罩极台扇			电容式台扇、落地扇	
规格/mm	200	230	250	250	300
消耗功率/W	32	38	45	32	46

型　式	电容式台扇、落地扇		电容式吊扇			
规格/mm	350	400	900	1200	1400	1500
消耗功率/W	54	66	60	75	80～85	90

（2）线圈匝数计算

$$N=\frac{45U_n}{A_{Fe}}\ (匝)$$

（3）导线选择

为绕制方便，一般以较大电流的慢档的次级绕组选取导线直径，则低速时输入电流为 $I_1=I_D$。

输出电流

$$I_2=P_D/U_D\quad (A)$$

次级绕组电流

$$I=I_2-I_1\quad (A)$$

导线直径

$$d=2\sqrt{\frac{I}{\pi\theta_J}}\ (mm)$$

式中　θ_J——导线电流密度，一般取 $\theta_J=3\sim5A/mm^2$。

实例　试计算400mm、220V电容式台扇调速用自耦变压器的主要参数。

铁心截面积选择：

由表1-42查得电扇的功耗 $P_h=66W$，选 $K_m=0.6$。

电扇在低速挡消耗的功率

$$P_D=K_mP_h=0.6\times66=40W$$

电扇低速挡时的电流

$$I_D=\frac{P_D}{U_N}=\frac{40}{220}=0.182A$$

低速挡时电机端电压

$$U_D=K_mU_N=0.6\times220=132\ V$$

低速挡时的实际功率

$$P=U_DI_D=132\times0.182\approx24\ W$$

变压器变比

$$K=\frac{U_1}{U_D}=\frac{220}{132}=1.666$$

变压器计算功率

$$P_j=\frac{K-1}{K}P=\frac{1.666-1}{1.666}\times24=9.6\ W$$

铁心截面积（初选值）

$A'_{Fe}=1.2\sqrt{P_j}=1.2\times\sqrt{9.6}=3.7\ cm^2$

取铁心截面尺寸为 $A_t=1.9\times2.0=3.8\ cm^2$

线圈匝数：

取中速挡电压为 $U_2=175V$，指示灯电压为6.3V，各挡匝数计算如下：

$$N_1=\frac{45U_N}{A_{Fe}}=\frac{45\times220}{3.8}=2605\ 匝$$

$$N_2=\frac{45U_2}{A_{Fe}}=\frac{45\times175}{3.8}=2072\ 匝$$

$$N_3=\frac{45U_D}{A_{Fe}}=\frac{45\times132}{3.8}=1564\ 匝$$

$$N_d=\frac{45U_d}{A_{Fe}}=\frac{45\times6.3}{3.8}=75\ 匝$$

导线选择：

低速时输出电流

$$I_2=\frac{P_D}{U_D}=\frac{40}{132}=0.303\ A$$

次级绕组电流

$$I = I_2 - I_D = 0.303 - 0.182 \approx 0.121 \text{ A}$$

取导线电流密度 $J = 4A/mm^2$,

绕组导线直径

$$d = 2\sqrt{\frac{I}{\pi J}} = 2 \times \sqrt{\frac{0.121}{3.14 \times 4}} = 0.196 \text{ mm}$$

选用 ϕ0.2mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

2. 电扇调速电容器的选择计算

一般家用台扇都具备 3 挡调速装置。若原来慢速挡仍嫌风量太大时，可采用串联电容器调速。这种调速方式不但改制简单，效果较好；同时，输入电流相位超前，对电网有利，且损耗也小，不失为一种电扇节能的措施。

（1）电容调速的条件　由于电扇负载转矩随转速降低而减小，并使转矩与转速在新的工作点上获得平衡。由此，采用电抗器调速和自耦变压器调速都属于同相降压调速；而串联电容的调速则是反相降压调速。因为电扇电动机的功率因数是滞后的，当电动机绕组串联电容器后，整个回路的电压

$$\dot{U} = \dot{U}_L + \dot{U}_R + \dot{U}_C$$

式中　$\dot{U}$——电网电压；

$\dot{U}_L$——电动机绕组电感电压降；

$\dot{U}_R$——电动机绕组电阻压降；

$\dot{U}_C$——串联电容压降。

当 $X_C = X_L$ 时将产生串联谐振，其回路总阻抗 Z 等于绕组电阻 R，这时电动机电流迅即激增而导致烧毁。根据实践经验，要使电动机获得电容性压降调速，必须使 $U_C > 2U_L$，即所选电容器的容抗满足于 $X_C > 2X_L$。

（2）调速电容器的估算方法　由于非额定条件下的电动机参数不易求取，准确地计算电动机工作点上的电容量是困难的，故所需电容量通常由实验来确定；但可根据调速条件由下式作初步估算：

$$C = \frac{10^6}{4\pi f X_L} \text{ (μF)}$$

式中　C——串联调速电容量，μF；

f——电源频率，Hz；

X_L——电动机绕组感抗，Ω。

串联电容后如转速过低，可增大电容量；反之可减少电容量。

实例　某电容式转页鸿运扇，在电源电压是 210V 时，测得快速挡电流为 0.2A，试估算慢速挡的串联电容量。

测得主绕组电阻 $R_M = 350\Omega$，

副绕组电阻 $R_a = 330\Omega$，

电动机绕组总电阻

$$R = \frac{R_M R_a}{R_M + R_a} = \frac{350 \times 330}{350 + 330} \approx 170 \ \Omega$$

电动机运行总阻抗

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{210}{0.2} = 1050 \ \Omega$$

电动机感抗

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{1050^2 - 170^2} = 1036 \ \Omega$$

电动机串联调速电容量

$$C = \frac{10^6}{4\pi f X_L} = \frac{10^6}{4 \times 3.14 \times 50 \times 1036} = 1.537 \text{ μF}$$

选 400V、1.5μF 油浸纸介电容器试运转，并确定该转速的挡次。若需要更低速时可选配更小容量电容；若嫌转速过慢，则选配稍大容量电容器。

3. 电扇调速电抗器的选配与测试

电扇的电抗调速线路很多，它应与电扇电动机的负载转矩及风叶片特性相匹配才能获得较理想的调速效果。附录附表 1-21 所列的电抗器及接线图可供选用时参考。

然而，电抗器的调速性能取决于线圈的阻抗以及同电扇电机绕组的匹配，所以往往在同一规格非同一设计的产品会出现不同的调速特性。为此，电抗器计算的参数仅作为制作的参考。电抗器绕制好后，还必须进行测试和调整才能使用。

（1）电抗器的配置参数计算

1）调速电抗器铁心截面

$$A_t = K_t \sqrt{P_L} \quad (\text{cm}^2)$$

式中　P_L——电抗器耗电功率，W。

P_L 由下式求取。

$$P_L = U_L I_D \quad (\text{W})$$

式中　U_L——电抗器最大压降，一般取 $U_L = 100 \sim 110$V；

I_D——低速挡电流，应由实验测得，可由表 1-43 预选；

K_t——系数，$K_t = 0.74 \sim 0.89$，一般台扇类取小值；吊扇取较大值。

2）电抗器匝数计算

低速挡（总）匝数

表 1-43　各种电扇低速挡运行电流及电抗器电压参数

型式	规格 /mm	罩极式电扇		电容式电扇	
		电流/A	电压/V	电流/A	电压/V
台扇	250	0.23 ~ 0.28	58 ~ 46	0.065 ~ 0.095	142 ~ 134
	300			0.10 ~ 0.12	130 ~ 116
	350	0.27 ~ 0.33		0.12 ~ 0.125	116 ~ 108
	400	0.36 ~ 0.48		0.14 ~ 0.185	110 ~ 104
吊扇	900 ~ 1050	0.32 ~ 0.36	84 ~ 76	0.175 ~ 0.194	108 ~ 94
	1200	0.34 ~ 0.39		0.27 ~ 0.30	
	1400			0.29 ~ 0.32	
	1500				

$$N_5 = 89 \times 10^2 \sqrt{\frac{L l_{tp}}{A_{Fe}\mu_\Delta}} \quad (匝)$$

次低速挡匝数

$$N_4 = N_5 \times 80\% \quad (匝)$$

中速挡匝数

$$N_3 = N_5 \times 60\% \quad (匝)$$

次高速挡匝数

$$N_2 = N_5 \times 40\% \quad (匝)$$

高速挡匝数

$$N_1 = 0$$

式中　L——电抗器电感，H；

$$L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

X_L——低速时所需串联感抗，如忽略其电阻，则 $X_L \approx Z$，而 $Z = \frac{U_L}{I_D}$，Ω；

l_{tp}——铁心磁路平均长度，cm；

μ_Δ——铁心材料有效磁导率，对 D43 热轧片取 $\mu_\Delta = 1000$；D310 冷轧片取 $\mu_\Delta = 1200$。

3）导线选择。导线截面积

$$A_C = \frac{I_D}{J} \quad (mm^2)$$

式中　J——导线电流密度，A/mm²。对罩极式电扇取 $J = 2 \sim 4$A/mm²；对电容式电扇取 $J = 3 \sim 5$A/mm²。

导线直径

$$d = 1.13\sqrt{A_C} \quad (mm)$$

实例　有一台 350mm、220V 电容式台扇，需配制调速电抗器，试计算绕组参数。

1）铁心选择。选 $K_e = 0.76$，查表 1-43 取 $I_D = 0.122$A，$U_L = 112$V

电抗器耗电功率为

$$P_L = U_L I_D = 112 \times 0.122 = 13.66 \text{ W}$$

铁心截面积

$$A_{Fe} = K_t \sqrt{P_L} = 0.76 \times \sqrt{13.66} = 2.8 \text{ cm}^2$$

选用 D43 热轧 E 形硅钢片，取 $\mu_\Delta = 1000$，选择铁心尺寸为 1.9×1.58cm，平均磁路长度

$$l_{tp} = 14 \text{ cm}$$

2）电抗器匝数。忽略线圈电阻，则线圈感抗为

$$X_L = Z = \frac{U_L}{I_D} = \frac{112}{0.122} = 918 \ \Omega$$

线圈所需电感

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{918}{2 \times 3.14 \times 50} = 2.923 \text{ H}$$

低速挡串联电抗总匝数

$$N_5 = 89 \times 10^2 \sqrt{\frac{L l_{tp}}{A_t \mu_\Delta}} = 8900 \times \sqrt{\frac{2.923 \times 14}{2.8 \times 1000}} = 1076 \text{ 匝}$$

中挡抽头匝数

$$N_3 = N_5 \times 60\% = 1076 \times 60\% = 646 \text{ 匝}$$

3）导线选择。取导线电流密度

$$J = 4 \text{ A/mm}^2$$

导线截面积

$$A_C = \frac{I_D}{J} = \frac{0.122}{4} = 0.0305 \text{ mm}^2$$

导线直径

$$d = 1.13\sqrt{A_C} = 1.13 \times \sqrt{0.0305} = 0.197 \text{ mm}$$

选 ϕ0.20mmZQ 型高强度漆包圆铜线。

（2）电抗器的调试　电抗器绕制好后应进行测试调整，试验电压经调压器供给，施于电抗线圈首端

及低速端。试验电压及调整电流可参考表 1-43。

电抗器的调试一般在室温 25～30℃中进行。当调试实测电抗器电流值高于表中数值时，电扇转速偏高；反之，电流过小则转速偏低。为使电抗器获得较理想的调速特性，最好在测试后与所用电扇配合试运转，并根据实际运行情况作参数调整。若参数相差不大，可将铁心接缝敲紧密，使其气隙减小，以提高转速；也可以增加铁心冲片，使其电流增加。若嫌转速太快，则应减小电流，将气隙增大或减少铁心截面积。如果电流数值相差过大，有可能是线圈有短路故障，或所选的调试参数与电扇实际相差甚大，这时应实测电扇运行参数后，重算电抗器数据再行重绕。

4. 电扇转速的检测

虽然电扇的转速正比于电压，但其调速效果的校验必须通过转速检测才能确定。由于电扇电动机功率较小，通常的机械转速表都是接触式的，测量时会引起转速下降，使测量误差很大，在生产厂是采用无接触式闪光测速仪测量。它是根据闪光灯发光频率与被测物体旋转周期差速原理制成。一般不具备此条件时，常用下列简易方法测速：

（1）荧光灯测速法　测速装置是用一片纸画制黑白 8 等分的“瓜形瓣”标记贴在风叶中心上进行。因荧光灯的闪烁频率与电源频率相同，四极电动机的同步转速为 1500r/min，若与荧光灯频率同步，则风叶上的标记对视觉宛如不动；当风叶转速小于同步转速，则标记出现影形旋转现象。这时可由单位时间的影形旋转周数算出电扇电动机转速：

$$n=\left(1-\frac{n''}{100t}\right)n_1 \quad (\text{r/min})$$

式中　t——检测时间，s；

n''——标记在 ts 内影形旋转的周数；

n_1——电动机同步转速。

实例　某四极台扇采用 8 等分黑白测速标记，10s 内影形旋转 40 周。试计算电扇电动机实际转速是多少？

由上式可求出台扇电动机运行时的转速约为

$$n=\left(1-\frac{n''}{100t}\right)n_1=\left(1-\frac{40}{100\times10}\right)\times1500=1440\ \text{r/min}$$

如果转差率过小或过大时，其影形转速不易算准，需采用不同等分的标记方能获得较准确的结果。

（2）电扇摇头次数推算法　因为电扇摇头次数与齿轮传动机构有关。因此，当电源电压、频率准确，则电扇的转速可由单位时间内测得的电扇摇头次数推算出来

$$n=\frac{CZ_wZ_y}{tZ_g} \quad (\text{r/min})$$

式中　n——电动机工作转速；

Z_w——涡轮齿数；

Z_y——摇头齿轮齿数；

Z_g——牙杆齿数；

C——检测电扇摇头次数；

t——摇头 C 次所需时间，min。

实例　某台扇摇头 50 次所需时间是 9min 4.2s，试推算电扇转速。

由实测电扇蜗轮为 50 齿，牙杆 14 齿，摇头齿轮 64 齿。

将时间秒为单位的转换为分表示，得

$$t=9+\frac{4.2}{60}=9.07\ \text{min}$$

电扇的转速

$$n=\frac{CZ_wZ_y}{tZ_g}=\frac{50\times50\times64}{9.07\times14}=1260\ \text{r/min}$$

二、吊扇电动机的故障检修

吊扇电动机多数为电容运转式，少数是罩极式。它由电动机、长风叶、吊杆、吊攀、上下罩等组成，悬吊于房顶或空间架空安装。它的转速比台扇慢得多，一般为 200～300r/min，具有 5～7 挡调速。

吊扇电动机结构有别于台扇电动机和其他电动机，其结构的最大特点是外径大而叠厚尺寸小，转子铁心属外转子结构，而定子铁心作为固定中心。

（一）吊扇电动机的常见故障

吊扇的故障和台扇大致相同，但因结构特殊，故会出现一些特有故障。吊扇的常见故障及其处理方法见表 1-44。

（二）吊扇的拆卸

吊扇的拆卸不同于台扇。吊扇的拆卸步骤是先拆卸风叶、电容器、吊杆，然后拆卸机头。机头的端盖目前有两种结构，其拆卸的方法略有不同。

套式结构机头是下端盖套人上端盖。拆卸时应先拧去机头上全部螺丝，再找一根圆钢穿入机头轴上端横孔吊起，用铁锤垫上硬木沿下端盖的套人边缘四周轻轻敲击卸下；然后把机头翻过来，将轴头向木板上撞击几下即可卸下上盖。

表 1-44 吊扇电动机和电气、机械控制系统常见故障及处理方法

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机不能起动	1. 线圈烧毁 2. 线圈断路或短路 3. 熔丝烧断 4. 开关接触不良 5. 电源电压过低 6. 电容器损坏	1. 重绕 2. 卸开检查处理或重绕 3. 检查原因，排除故障后更换熔丝 4. 修复或更换开关 5. 检查原因并加设稳压器 6. 检查确认后更换电容器
2	电动机起动性能不好	1. 轴承油变硬或缺油 2. 滚动轴承磨损造成偏心 3. 转轴磨损造成偏心 4. 装配不正	1. 清洗轴承后更换新油 2. 检查确认后更换新轴承 3. 加工修整或更换新主轴 4. 重新装配正确
3	电动机转速慢	1. 电容器击穿 2. 接线错误 3. 绕组局部短路 4. 轴承缺油	1. 更换新电容器 2. 检查并纠正接线 3. 局部检修或重绕 4. 清洗轴承后更换新油
4	电动机反转	1. 电容器错串到主绕组回路 2. 主、副绕组空间相位倒错	1. 将电容器改接到副绕组回路 2. 应使副绕组线圈与转向前面相邻的主绕组线圈极性相同
5	吊扇运行有振动、噪声	1. 风叶变形或损坏 2. 风叶根部螺丝松动 3. 轴承缺油磨损	1. 检查后校正或更换 2. 拧紧风叶根部螺丝 3. 检查、清洗、加油或更换新轴承
6	吊扇调速失灵	1. 调速器与吊扇不匹配 2. 电抗器阻抗值过小 3. 调速器电抗线圈断裂或抽头焊点脱焊 4. 调速电抗线圈局部短路 5. 调速器旋钮定位弹子脱落造成接触不良 6. 电容器错接到主绕组	1. 根据所需速度调整电抗线圈增减匝数 2. 将电抗器铁心敲实以减少磁阻 3. 检查接好焊牢后绝缘 4. 拆卸重绕 5. 重新配装弹子 6. 将副绕组极性接反后再串联电容器
7	吊扇调速器有杂音	1. 电抗器铁心松动 2. 吊杆间的防震胶圈老化或损坏	1. 卸开后重新上紧固紧螺丝 2. 更换新胶圈

对式结构机头的上下端盖直径相同，对合的夹缝在机头侧面中部。拆卸时也要先拧去全部螺钉，再将对合夹缝竖起在软垫上，用螺钉旋具插入夹缝隙，沿四周逐点撬开；当缝隙增大再用木锤衬硬木敲击下盖，然后再敲落上盖。

吊扇滚动轴承的拆卸不宜用台扇的“拉马”工具，而应改用吊扇专用的“三脚拉马”，如图 1-85a 所示。有的吊扇轴端为半开口，用“拉马”螺杆顶压定位钢珠时，容易造成轴端变形损坏，因此拆卸半开口轴端的轴承要加装过渡定位套，如图 1-85c，使

D 的尺寸刚好套入轴端。

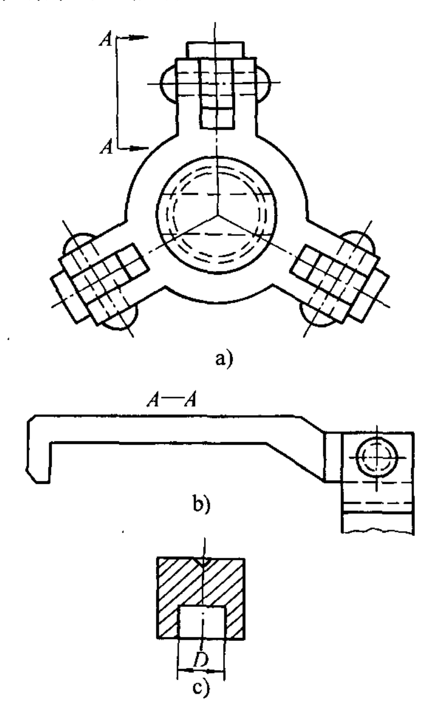


图 1-85 拆卸吊扇轴承的专用工具“三脚拉马”

（三）吊扇电动机绕组的接线及检查

1. 吊扇电动机的绕组接线

吊扇绕组的极数较多，但每极相组通常都只有一只线圈。结构型式有庶极式和显极式。

（1）庶极式 它是单层绕组，在间隔一个线圈的槽中嵌放一个同极线圈，故接线方法是顺接串联。绕组的特点是通风散热效果较好，线圈数少，嵌线及连接方便，但会引起磁场畸变而影响运行性能。

（2）显极式 是双层绕组，相邻线圈极性交替变换，故接线方法是反接串联，即相邻的线圈是尾接尾、头接头。由于它能改善吊扇电机的运行性能，目前生产的电容运转式吊扇较多用此型式。

吊扇电动机绕组接线错误可参考电容电动机故障检修，或用指南针法检查后纠正。

2. 吊扇的转向与接线相位的确定

为使转子获得起动转矩，主、副绕组除空间错开90°电角外，还需有相当的相位差。为此，副绕组必须串接足够容量的移相电容器，使副绕组的空间和相位都超前于主绕组。

实际上，目前生产的电容式吊扇，当俯视时是顺时针旋转。因此，当吊扇电动机的接线在上方时（通常情况都是这样），必须将沿转向后面相邻的副绕组进线槽与前面相邻主绕组进线槽接为公共端，如图 1-86 所示。

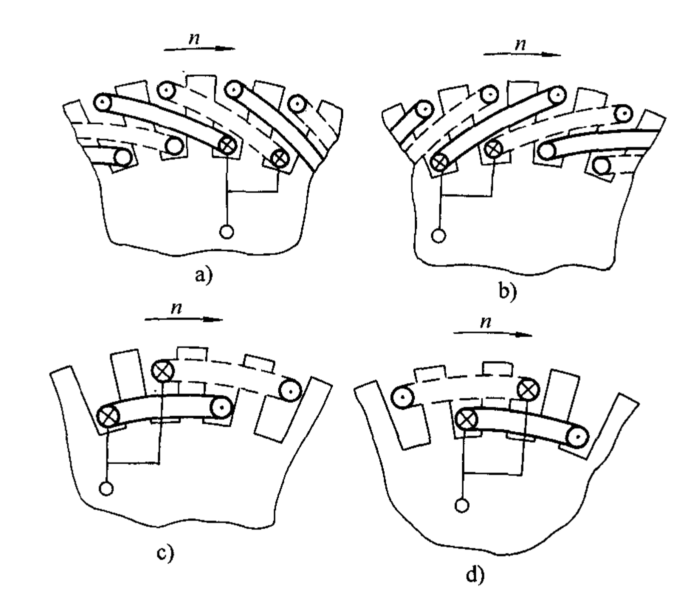


图 1-86 吊扇电动机转向与绕组接线示意图

a）双层绕组左行布线 b）双层绕组右行布线

c）单层绕组左行布线 d）单层绕组右行布线

（虚线为主绕组线圈，实线为副绕组线圈）

3. 吊扇电动机的外部接线检测方法

吊扇电动机外部接线如图 1-87 所示。电容式吊扇电动机通常是三根引出线，常以“1”代表主绕组，“2”代表副绕组，“3”代表公共点，电容器并接于 1、2 之间（从线路原理上说，实为串接于副绕组回路）。常用的识别引线的方法步骤如下：

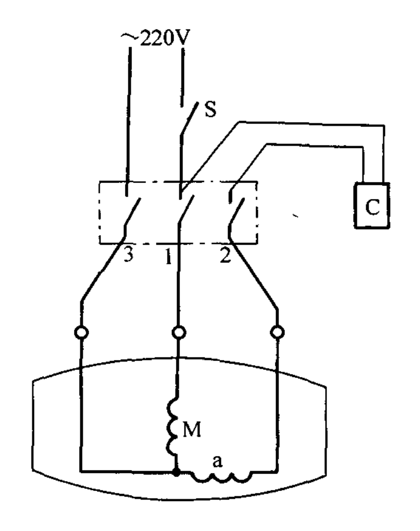


图 1-87 电容式吊扇电动机外部接线图

1）用万用表（$R\times10$ 挡）测任意两根引线；

2）找出电阻值最大的两根，余下一根可确认是公共点引线 3；

3）将电容器并接于大阻值的两根线间；

4）把一根电源接入引线 3；

5）对主绕组相位正确或未经重绕的吊扇电动机，

可将另一根电源线接入任意两根引线中的一根，试通电后若电机反转（从上而下看），则此线是“2”，即副绕组引线；再将此根电源线改接到“1”电动机正转，则确认接线正确；

6）若电动机经过重绕修理，主、副绕组相位的正确性不能肯定时，则不能采用上法。这时只有卸开端盖来检查确认接线端号。

（四）吊扇运行时晃动的校正方法

吊扇风叶片在检修、拆卸或装配时容易造成变形，运转时就会发生叶片抖动并发出噪声，严重时导致吊扇晃动。对此，应将风叶片进行检查校正。

吊扇风叶片的变形往往是拆装、清洗时工作疏忽造成，用力过度或存放不当也是原因。风叶片扭角变形是常见故障。检查时只要把全部（一般是三片）风叶片整齐地叠在一起，完好的风叶片各部位都应叠合密实得不露空隙。如果发现有个别部位有翘起，即说明此处变形，必须用手以适当力度扳正到密实为止。

对于老式木质风叶片的叶根因用铸铁制成，一般不易变形，只可能安装时有细微位移，只要垫入适当纸片校正；年久木叶片扭翘变形较大，则无法修复，可选其中两片较完好的对称安装运行，否则全部换新叶片。

三、其他电扇电动机的故障检修

其他电扇的电动机基本上与台扇相同，只是外形、功能以及电气控制、机械结构有所差异。下面是其他电扇结构、故障特点的简介。

（一）换气扇、轴流电扇

这类电扇仅作排换气用，均无摇头机构及网罩，只有外围壳体和百叶片或铁丝框防护。这类电扇的故障多发生在电动机。双向换气扇电动机的主副绕组参数相同，其绕组结构和故障检修可参见本章洗衣机电动机有关内容；单向换气扇电动机故障可参见本章台扇电动机的故障检修有关内容。

（二）脱排油烟机

实际上属于轴流电扇的变型产品，它的功能除排出油烟气外，还具有分离油烟气而将油沉淀贮存。它的电动机是专用电动机，尤其密封性好，以防油烟气与水气的侵蚀。目前，多数采用双电动机运行，可增强排气效率。脱排油烟机的电气、机械控制系统并不复杂，电动机的结构与故障检修可参见台扇电动机。

（三）鸿运扇

这类电扇属台扇的改型产品，它的电动机采用抽头调速，所以没有电抗器；而摇头机构是利用一台永磁同步小电动机带动转叶片实现。这类电扇的故障较多发生在定时器与调速琴键开关，或转叶运行角度调控器的机械性故障。主电动机的故障检修可参见本章台扇电动机。

有关其他家用小型花色电扇以及冷热风电扇电动机的故障检修，均可参见有关电动机修理内容。

四、电冰箱电动机的故障检修

目前，家用电冰箱广泛采用压缩机式致冷系统。因此压缩机组是电冰箱的关键部件，又是最易产生故障的主要部件。压缩机是由一台专用单相电动机连轴直接带动配套设计，共用一个壳体内注入冷冻机油全封闭成为整体。所以当电动机或压缩机发生故障，必须拆卸密封壳体才能检修，修理工艺要比其他家用电器电动机的难度大得多。

电冰箱的压缩机组电动机采用电阻分相起动型、电容分相起动型及双电容型三种单相电动机；空调器的通风电动机一般采用单相电容运转多速电动机。这两种电动机的故障检修可参见本章第二节分相电动机修理内容。电冰箱电动机与电气控制系统基本电路如图 1-88 所示。

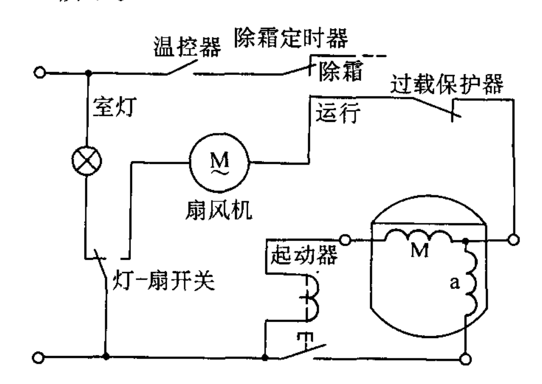


图 1-88　电冰箱电动机与电气控制系统基本电路

家用电冰箱属一个综合工作系统。主要由制冷、电气控制两系统作功，压缩机与电动机乃关键作功部件，它们之间既相互联系，又互为因果。因此，电冰箱一旦发生故障，往往会出现一些复合故障，其原因是多方面的，在检修时应全面考虑，分析故障现象和原因，正确区别系统故障或部件故障。压缩机或电动机故障的几率较大，但是系统故障也往往直接或间接导致此两部件的不正常运行，所以要作出正确判断。表 1-45 为电冰箱电动机和电气控制、制冷系统的常

见故障及处理方法。由表可知，有些故障原因属制冷 或电气控制系统故障，不属电动机本身故障。

表 1-45 家用电冰箱电动机和电气控制、制冷系统的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	通电后电动机不起动，且无响声	1. 电源熔丝烧断 2. 电源插头接触不良 3. 电源电压偏低 4. 电动机绕组烧坏 5. 电动机绕组或引线断路 6. 温度继电器断开或在“停点”上 7. 热继电器没有复位或热元件断路 8. 误操作按下化霜按钮 9. 温控器感温腔或感温管漏气 10. 电动机起动电容器断开	1. 查明原因后更换熔丝 2. 检查接线或换用新插头 3. 增设电源稳压器，稳定在 190～230V 4. 重绕电动机绕组或更换新压缩机组 5. 检查引线接好断开点 6. 检查继电器回路或改在相应位置 7. 复位或检查排除断路故障 8. 复位化霜钮或待化霜完毕后自起动 9. 补焊充气或换新配件 10. 检查确认后更换电容器
2	通电后电动机有响声但不能起动	1. 电动机绕组有短路 2. 电源电压过低 3. 漏电造成电压降过低 4. 压缩机缺油“卡死”或有故障 5. 继电器工作失灵或弹簧片不好	1. 重绕绕组或更换压缩机组 2. 加装调压器升至 220V 3. 检查漏电原因排除故障 4. 检修压缩机或换新机组 5. 调整检修继电器或更换簧片
3	电动机起动频繁	1. 电源电压过高或过低 2. 温控器调节不当 3. 严重漏冷 4. 冰箱保温层隔热性能差 5. 过热保护的热元件失灵或失效 6. 起动或过载保护继电器与电动机不匹配 7. 起动触点接触不良或粘结 8. 温控器自控触点接触不良 9. 温度继电器感温包位置不当 10. 制冷系统故障引起电动机过载 11. 电动机绕组有轻微短路故障	1. 增设稳压器 2. 重新调节到适当位置 3. 修补门缝隙或更换新磁性门封条 4. 更换良好保温层材料 5. 调整双金属片与热元件位置或换新配件 6. 调整或更换匹配的继电器 7. 检修或更换新触点 8. 检修或更换新触点 9. 调整紧贴在蒸发器出口处 10. 检查排除制冷系统故障 11. 排除短路故障或重绕绕组
4	电动机运转时间过长或运转不停	1. 温控旋钮调节不当 2. 温控器感温管移位或松动 3. 温控器触点粘结 4. 蒸发器上冰霜太厚 5. 箱内贮存物过多，冷气对流困难 6. 环境温度过高 7. 门封泄漏严重或开门次数时间太多	1. 从“不停”或“急冷”位置调到适当位置 2. 感温管尾部移至蒸发器上夹持固定 3. 温控器旋钮从“停”到“最冷”挡位反复旋转几次可恢复正常，否则检修更换新配件 4. 清除冰霜 5. 减少贮存物，疏通对流通道 6. 冰箱移到荫凉处 7. 检修更换门封条或减少开门次数与时间

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
4	电动机运转时间过长或运转不停	8. 制冷系统有堵塞 9. 压缩机内零件破损 10. 制冷剂过多或过少、泄漏 11. 箱体保温层材料性能差 12. 间冷式冰箱风冷电扇不转	8. 检查排除管路堵塞点 9. 拆卸压缩机组检查更换新配件 10. 检查调整或修复 11. 更换新材料 12. 检修或更换风冷电动机
5	电动机起动、运行中突然停转	1. 电源电压升高超过240V 2. 压缩机组工作环境过高 3. 过载热保护继电器失灵 4. 起动继电器触点粘结 5. 电动机线路接地或短路 6. 电动机绕组有短路 7. 压缩机有机械故障	1. 增设电源稳压器 2. 改善环境散热条件 3. 检修调整或更换继电器 4. 修理或更换新触点 5. 检查排除故障点 6. 排除故障或重绕更换新机组 7. 检修或更换新机组
6	电动机及箱体漏电	1. 电动机绕组绝缘损坏 2. 温控器绝缘损坏或性能降低 3. 电气控制线路分布电容过大 4. 电气控制线路有绝缘破损	1. 检修、重绕或更换压缩机组 2. 更换温控器 3. 箱体妥善接地 4. 检查故障点加强绝缘

五、空调器电动机的故障检修

（一）家用空调器的分类、结构和所用电动机

1. 家用空调器的分类

家用空调器在我国发展迅速，年产量从1990年的21.96万台发展到2001年的2312.9万台。

家用空调器按安装型式可分为窗式和分体式两大类，其中分体式又可分为挂壁式、柜式和嵌入式三种；按功能分可分为热泵式、电热式和辅助加热式三种；按对空调器压缩机用电动机供给电源频率变化与否，市场上又分为普通（频率不变化，我国为50Hz）空调器和变频空调器，其中变频空调器又可分为交流变频空调器和直流变频空调器。

2. 家用空调器的结构

图1-89为市场上家庭用得最多的分体挂壁式热泵型空调器的系统原理结构图。

从图中可知，一般空调器主要有三大系统组成。

（1）制冷（或热）系统　主要有压缩机（包括压缩机电动机）、电磁换向阀、节流毛细管（或电子膨胀阀——对直流变频空调器或有的交流变频空调器）、冷凝器和蒸发器（两者互为逆用）、管路等。

（2）通风循环系统　主要有离心风机和轴流风机、电动机驱动调节风向用导风板、进风过滤网、出风栅等。

（3）电气控制系统　主要有电源开关、中间继电器、定时器、保护电动机的过载保护器、过电流保护器、温度继电器、温度传感器、压力继电器以及电动机和压缩机各种阀的控制电路等。

3. 家用空调器用电动机

表1-46为家用空调器用电动机。

表1-46　家用空调器用电动机

空调器类型	压缩机用电动机	风扇用电动机	调节风向用电动机
普通（定频）	单相异步电动机	单相异步电动机	步进电动机或永磁同步电动机
交流变频	三相异步电动机	单相异步电动机	
直流变频	无刷直流电动机	无刷直流电动机	

图 1-89　分体挂壁式热泵型空调器系统原理结构示意图

另外，根据人们对清新空气的需要，有的空调器在室内机中增加了换气风扇，风扇把室内污浊空气由专门管道排出室外，而室外的新鲜空气自然吸入，达到室内外空气自然循环，以满足人们对健康的需求。该风扇电动机是无刷直流电动机。

本节就目前市场上家用空调器中数量最多的风扇电动机——单相电容运转异步电动机的维修做一介绍。

(二) 风扇电动机的故障检修

1. 风扇电动机的结构

空调器风扇电动机采用单相电容运转异步电动机，其结构与普通单相电容运转电动机基本相同，为了改善电动机性能，目前多采用低损耗冷轧硅钢片、低噪声轴承和正弦绕组等措施。对于多速风扇电动机，定子绕组中增加一个中间绕组，也为正弦绕组。对于 6 极或 8 极风扇电动机，用 24 槽或 36 槽定子冲片绕制 6 极或 8 极定子绕组，一般主、副绕组和中间绕组不采用正弦绕组。

风扇电动机可分为铁壳、铝壳和塑封机座三种。所谓塑封电动机是采用工程塑料（新型热固性塑料，例如不饱和聚脂树脂型和环氧树脂型）封装技术把电动机的定子铁心、绕组等进行整体封装，取消了传统的电动机定子绕组绝缘处理工艺及电动机的金属机壳，其结构如图 1-90 所示。

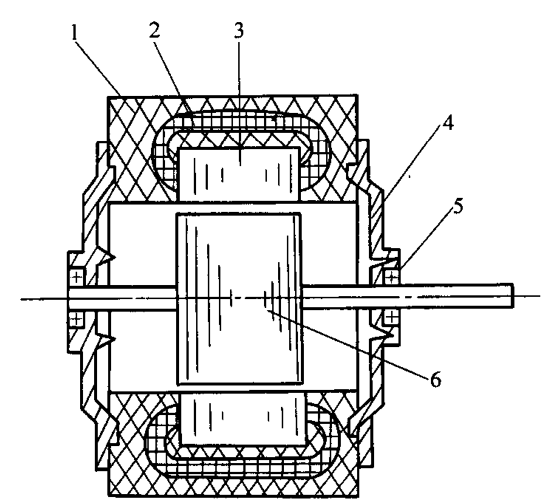


图 1-90　塑封电动机结构示意图
1—塑料　2—绕组　3—定子铁心
4—端盖　5—轴承　6—转子

塑封电动机的定子铁心由两个半圆铁心合并成一个整圆而制成，半圆形铁心用冷轧硅钢片在高速冲床

上冲制并自扣叠压成半圆形铁心，套上两个半圆形绝缘护套，然后分别绕定子线圈，再合并成一个整圆，即为定子铁心和环形绕组。

塑封时先把绕好线圈的定子铁心和引出线等装入注塑的金属模中，然后注塑成型，再装上转子和端盖就成为塑封电动机。

塑封电动机与铁壳、铝壳风扇电动机相比较，有以下优点。

① 噪声低，因为定子铁心、机壳和绕组已注成一个紧密的坚固整体。

② 绝缘性能好，还具有耐腐蚀性、耐潮性、耐高温等性能。

③ 外形美观，体积小、重量轻，节约钢材和降低电动机成本。

塑封电动机缺点是，如果定子绕组短路、断路或烧毁，因为塑料为热固性材料，绕组无法拆开修理，只能再换一台新的塑封电动机。

2. 风扇电动机的定子绕组型式

单相异步电动机的定子绕组有多种型式，有单层同心式绕组、双层绕组和单层同心正弦绕组等。

风扇电动机如为4极，则定子绕组采用单层同心式的正弦绕组，即主相、副相和中间绕组采用正弦绕组型式，这样电动机在额定运行时，气隙中磁场波形分布接近于正弦形，改善了风扇电动机的性能，例如降低电磁噪声、振动、附加损耗和附加转矩，提高效率和功率因数等。

所谓正弦绕组，是把主、副绕组或中间绕组的导体数量（根数）按正弦分布在定子各槽中（表1-7）。当然在具体电动机中，为了改善某些性能指标或槽满率，每槽匝数（即根数）并不严格按表1-7中的比例数值，而是有所调整。

例：单相电容运转异步电动机，DO25614，40W，220V，4极。

已知：主相绕组总匝数为356匝，副绕组总匝数为508匝，定子槽数为24。主、副绕组各节距如图1-91所示。

求：各槽按正弦绕组分配的匝数

解：每极槽数

$$q=\frac{\text{定子槽数}}{\text{极数}}=\frac{24}{4}=6$$

查表1-7，得槽3、5（节距为2）中的匝数分配比例为26.8%，槽2-6（节距为4）中的匝数分配比例为46.4%，槽1-7（节距为6）中的匝数分配比例为26.8%。所以主绕组各槽匝数为：

槽3-5的匝数：356×26.8%=95匝

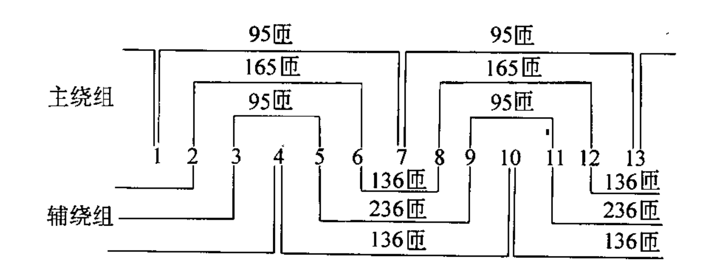


图1-91 DO2-5614电动机主、辅绕组

槽2-6的匝数：356×46.4%=165匝

槽1-7的匝数：356×26.8%=95匝。

同理，副绕组各槽匝数为：

槽6-8的匝数：508×26.8%=136匝

槽5-9的匝数：508×46.4%=236匝

槽4-10的匝数：508×26.8%=136匝。

把各槽匝数标在图1-91中，该定子绕组的展开图及连接方法如图1-92所示。

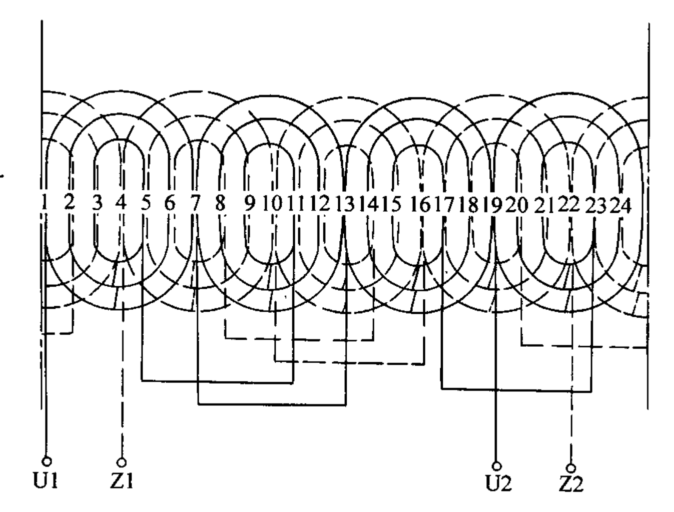


图1-92 DO2-5614电动机主、副绕组展开图方法

对于可调速的风扇电动机，在主绕组或辅绕组中串以中间绕组。其绕组结构型式因是正弦绕组，各槽匝数分配也按表1-7。

对于6极或8极风扇电动机，用24槽或36槽定子冲片绕制6极或8极定子绕组，一般主、辅绕组和中间绕组不采用正弦绕组型式。通过电磁设计、试验和应用，产品也能达到性能要求，这种绕组型式制造工艺较简单，材料节约。图1-93、94分别为YFK94-25/6和YFK118-30/8风扇电动机的定子主辅相绕组节距和匝数。图1-95、96为YFK118-30/8风扇电动机的电气原理图和辅绕组展开图。

为清楚起见，图1-96中定子主绕组没有画，副绕组仅画每槽105匝的。其嵌线步骤如下：按节距（2-5槽）从第2槽开始嵌入每槽105匝，直到第23槽结束，连接第2槽的每槽45匝的副绕组，该联接

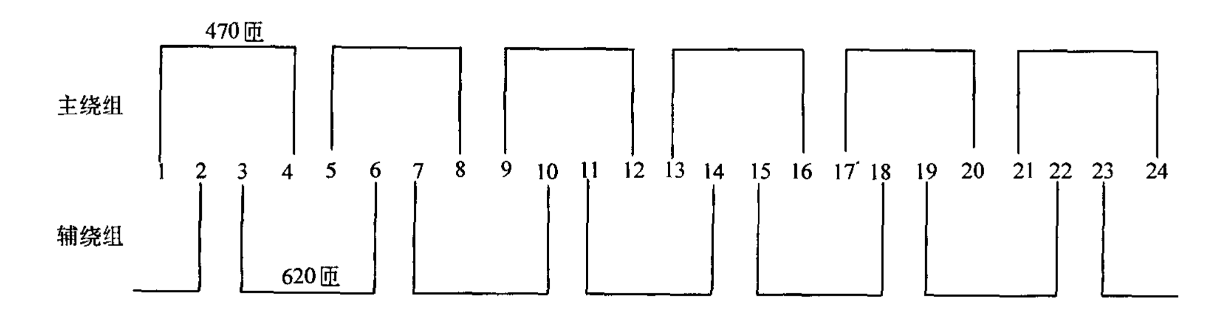


图 1-93 YFK94-25/6 24 槽 6 极电动机主副相绕组节距和匝数

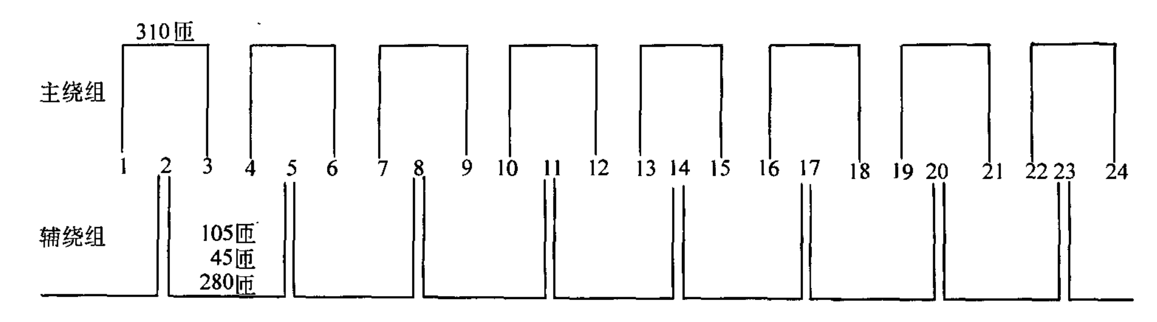


图 1-94 YFK118-30/8 24 槽 8 极电动机主副相绕组节距和匝数

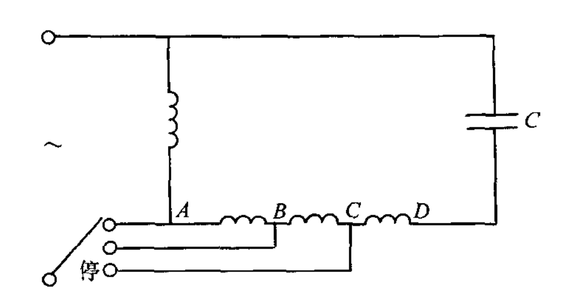


图 1-95 YFK118-30/8 风扇电动机电气原理图

点为 B，是调速第一个抽头点。继续按节距（2-5 槽）每槽 45 匝嵌入槽内，再到第 23 槽结束，连接第 2 槽的 280 匝的副绕组，该连接点为 C，是调速第 2 个抽头点。继续按节距（2-5 槽）每槽 280 匝嵌入槽内，再到第 23 槽结束，它连接电容器，为 D 点。

3. 家用空调器风扇电动机常见故障修理

家用空调器风扇电动机常见故障现象、原因及修理方法见表 1-47。

4. 窗式空调器电动机的常见故障修理

窗式空调器的制冷系统和电气控制系统同家用电冰箱基本一样，故障情况也大同小异，只是空调器还多一个以风扇电动机为主的通风循环系统。空调器电动机电气控制和制冷系统的常见故障及处理方法见表 1-48。窗式空调器电动机与电气控制系统基本电路见图 1-97。对于空调器通风循环系统风扇电动机的特点及其绕组修理的特殊性先简述如下。

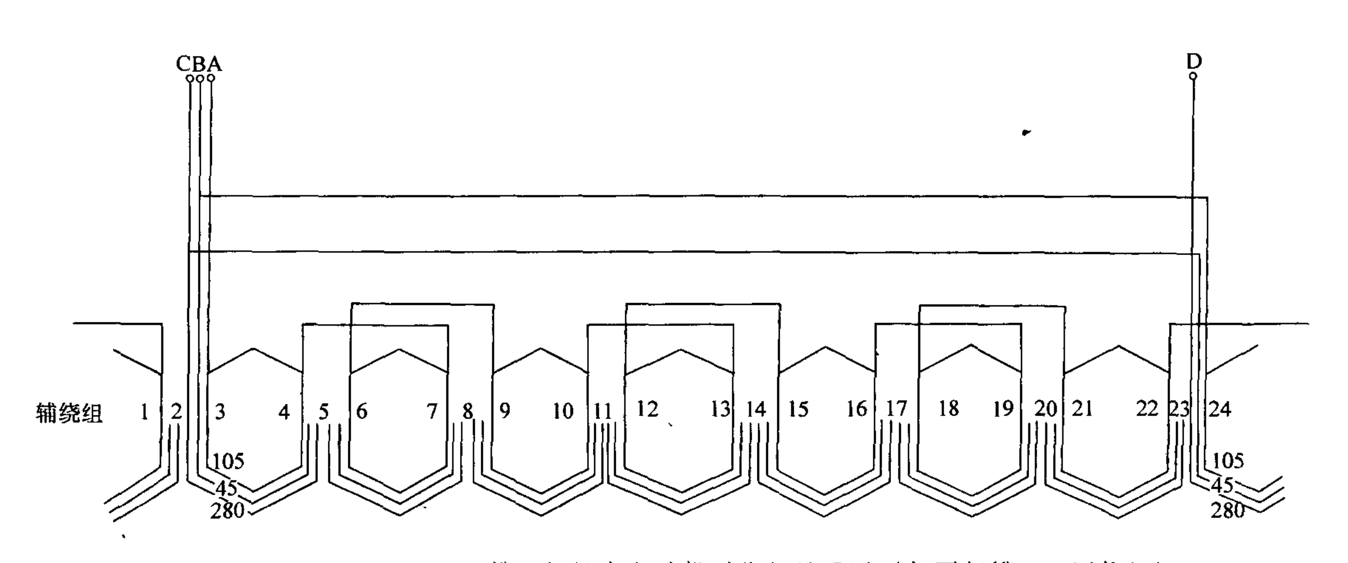


图 1-96 YFK118-30/8 24 槽 8 极风扇电动机副绕组展开图（仅画每槽 105 匝绕组）

表 1-47 家用空调器风扇电动机常见故障现象、原因及修理方法

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	风扇排出量小	1. 电动机转速变慢或倒转 2. 风叶轮变形 3. 风门连接处漏气 4. 空气过滤器堵塞 5. 蒸发器结霜太厚使气流受阻 6. 电容器容量减少	1. 检查故障或改正接线 2. 风叶校正整形 3. 检查泄漏点补焊 4. 过滤器去除积尘，清洗吹干 5. 清除结霜 6. 更换电容器
2	风扇电动机停转或运行不正常	1. 转换开关接触不良或定位机构损坏 2. 风扇电动机电源线路开路 3. 风扇电动机绕组有故障 4. 电容器损坏 5. 风叶变形严重不平衡 6. 风叶轮固定螺钉松动 7. 轴承磨损或缺油 8. 电动机轴向窜动量过小	1. 检修触点或更换开关 2. 检查故障点修复 3. 检查重绕或换电动机 4. 更换电容器 5. 修复校正，动平衡 6. 检查紧固 7. 检查更换轴承 8. 拆卸调整垫圈
3	电动机运行噪声大	1. 风扇电动机转速过高 2. 风叶轮与机壳摩擦 3. 轴承磨损过大 4. 风叶松动	1. 定子绕组的中间绕组重绕 2. 拆修、整形 3. 检查，更换轴承 4. 检查，紧固风叶

空调器风扇电动机是分别带动轴流风扇和离心风扇，所以电动机转轴是双轴伸。它的功能是将空调器内蒸发器上散发的冷（或暖）空气送入室内；又把室内混浊空气排出室外；同时又能冷却散热器和其辐射的暖（或冷）空气排出室外。风扇电动机一般都采用单相电容运转电动机，且制成双速或三速。高速应能满足空调器额定制冷量的要求；低速则适宜晚间环境所需。

为了获得不同制冷量和噪声的要求并便于调速，风扇电动机常设计成抽头式调速，调速（中间）绕组按不同抽头方式安排在主相或副相绕组中，如本章第一节图 1-37 和图 1-38 所示。风扇电动机绕组均采用正弦绕组，各槽匝数不相等。为使空调器风扇调速时的运行噪声与制冷量同时达标，其调速范围应满足设计要求。风扇电动机的绕组布线，实际上为了使槽满率分配均匀，通常绕组的线匝分布不一定准确地按正弦规律，而可能有 5% ~7% 左右的差异。所以检修重绕时要准确记录原数据，即重绕拆线圈时必须注意绕组在槽中的导体数及线径，以及每极下的主副绕组和调速绕组的分布情况，才能避免不必要的返工与意外故障。风扇电动机的检修可参见本章第二节分相电动机修理内容。

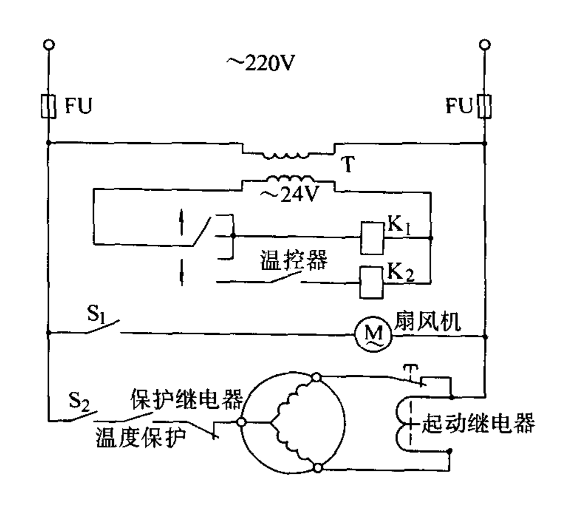


图 1-97 窗式空调器电动机与电气控制系统基本电路

5. 风扇电动机定子绕组修理

对于定子绕组大修的电动机，在电动机拆卸前，首先要记录电动机的铭牌数据，例如型号、功率、电压、电流、极数、电容型号规格和绝缘等级等。

（1）定子绕组的拆除

1）定子绕组拆除　把定子放在烘箱中烘，一般烘箱温度为 100℃左右，烘到以线圈在槽中可以松动为止。一定要注意烘箱温度不能过高，以防定子铁心

（硅钢片）退火，硅钢片片间绝缘被破坏，将会造成修理后电动机的励磁电流和硅钢片涡流增加，使电动机的功率因数和效率降低，在排除定子绕组时一般不能用火烧线圈的办法。

表 1-48　窗式空调器电动机和电气控制、制冷系统的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	整机电动机不能起动	1. 电源断路 2. 插头、插座接触不良 3. 空调器电源线断路 4. 运转开关故障 5. 过载继电器未复位	1. 检查熔断器修复 2. 检修或更换插头座 3. 用电阻法或电压法检查故障点修复 4. 检修或更换新开关 5. 再试起动，仍无效按电路图分段检查
2	整机电动机起动后突然停转	1. 制冷剂充量过多 2. 电气控制系统接线错误 3. 压缩机装配过紧，使电动机过载 4. 压缩机组停用日久有锈蚀“卡死” 5. 制冷系统混入空气	1. 排出适量制冷剂 2. 按电路图检查排除误接 3. 检修调整 4. 试起动几次无效拆修 5. 排出制冷剂，法规定工序重注定量制冷剂
3	风扇电动机运行正常，但压缩机组电动机停转，空调器不能制冷	1. 电压过低，压缩机组电动机无法起动 2. 运转开关接触不良 3. 压缩机组电动机继电器线圈断线或烧坏 4. 压缩机组电动机电容器损坏 5. 压缩机组电动机绕组断路或短路 6. 继电器触点烧坏或接触不良 7. 电路接线接错或松脱 8. 温控器损坏 9. 温控线路开路 10. 过载保护器未复位或损坏 11. 压缩机有机械故障 12. 频繁断续运行造成制冷管路压力差过大以致电动机无法起动	1. 增设稳压器 2. 检修换新开关 3. 重绕线圈或更换继电器 4. 检查更换电容器 5. 检查重绕或更换机组 6. 检修或更换触点 7. 按电路图分段检查排除故障点 8. 更换温控器 9. 检出故障点修复 10. 复位再起动再跳闸后检修或换新配件 11. 拆修或更换机组 12. 停机 20min 让制冷剂高低压区压力平衡再试起动，如无效检查制冷系统故障
4	压缩机组电动机运行正常，但制冷量不足	1. 制冷剂泄漏，热交换不足 2. 温控器的感温包漏气 3. 温控器触点接触不良 4. 温控器位置移动 5. 压缩机内阀片损坏 6. 风扇电动机停转或有故障	1. 检查故障原因修复 2. 检出故障点补漏或更换新配件 3. 检修调整或更换触点 4. 检查调整复位 5. 拆卸机组更换阀片 6. 检查故障原因检修或重绕绕组
5	风扇电动机排出风量小	1. 电动机转速变慢或倒转 2. 风叶轮严重变形 3. 风门连接处漏气 4. 空气过滤器堵塞 5. 蒸发器结霜太厚使气流受阻	1. 检修故障或改正接线 2. 校正恢复整型 3. 检查泄漏点补焊 4. 去除积尘垢，清洗吹干 5. 清除积霜

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
6	风扇电动机停转或运行不正常	1. 转换开关接触不良或定位机构损坏 2. 风扇电动机电源线路开路 3. 风扇电动机绕组有故障 4. 电容器损坏 5. 风叶变形严重不平衡 6. 风叶轮固定螺钉松动 7. 轴承磨损或缺油 8. 电动机轴向窜量过小	1. 检修触点或更换开关 2. 检查故障点修复 3. 检修重绕或换电动机 4. 更换电容器 5. 修复校正动平衡 6. 检查紧固 7. 清洗加油或更换轴承 8. 拆卸调整垫圈
7	电动机运行噪声大	1. 风扇电动机转速过高 2. 风叶轮与壳体碰擦 3. 风叶轮不平衡 4. 风扇电动机轴承损坏 5. 压缩机组减振装置不良	1. 改用慢速挡或改变参数重绕 2. 拆修调整 3. 校正动平衡 4. 更换新轴承 5. 改善减振措施

2）记录绕组数据　这是一项十分细致的工作，要避免因记录数据不全而使修理工作发生困难，也不能因测量错误（例如导线线径测量不准）而造成修理后电动机性能变化。一般要记录的数据有：绕组型式、各种线圈的节距、匝数和几何尺寸、导线线径、绕组连接方法等，并把有关数据填入表1-49中，画出绕组的节距图和展开图，并标出相应的匝数，如图1-93、图1-94所示。

3）保持拆卸线圈的形状　在被拆卸的各节距线圈中，至少要有一只线圈恢复到原来形状，特别是端部几何尺寸，以旧线圈作为样板来制作绕线模。如果绕线模绕制的线圈太小，会使嵌线困难；线圈过大，不仅浪费导线，而且电阻和端部漏抗增加，影响电机的电气性能，同时由于端部过大，还会造成线圈端部与端盖之间的空间距离减少而降低绕组绝缘强度，一般线圈端部与端盖之间的间隙距离应大于3mm。

表1-49　风扇电动机定子绕组修理数据

绕组名称	节距			线圈匝数			线径/mm	线圈尺寸/mm						线圈形状
								小		中		大		
	小	中	大	小	中	大		R	L	R	L	R	L	
主绕组														R、L（图示）
副绕组														
中间绕组														

注：小——小节距线圈，中——中节距线圈，大——大节距线圈，节距——以槽数表示。

（2）定子绕组嵌线

1）绝缘材料和导线配置　目前，空调器风扇电动机一般为B级绝缘。该绝缘材料如槽绝缘、层间绝缘、端部绝缘和覆盖绝缘为DMD，是厚度为0.20～0.25mm的聚脂纤维聚脂薄膜复合箔。槽绝缘长度一般为定子槽全长加10mm左右。端部绝缘，即端部线圈之间的绝缘，其尺寸大小应按端部实际情况而定，保证使相邻线圈组严格分开和线圈组之间绝缘良好。覆盖绝缘的长度与槽绝缘长度相等。

导线型号为QZ-2，B级绝缘。

2）嵌线　在嵌线前，把定子槽内的残余漆膜，绝缘纸等清理干净，并准备好嵌线工具，例如划板、压线板等。

嵌线时，要把导线拉直并排列整齐地嵌入槽内，这样不交叉的导线使槽满率不会太高，从而不会造成另一相线圈嵌入槽内较困难。同时也要注意嵌线时，不能把槽绝缘拉向定子铁心的另一端，造成槽绝缘一端伸出铁心过长而另一端过短，过短时，一端很容易造成绕组对地绝缘电阻下降甚至击穿。

嵌线的步骤是：先嵌主绕组最小节距的线圈，接着嵌中节距的线圈，再嵌大节距线圈，嵌完一个极的主绕组后，再嵌另一个极的主绕组，依次嵌完后，用

同样方法嵌辅绕组或中间绕组。

3）接线与检查　按拆除绕组时画出的连接图进行接线（先不焊接）。采用指南针法检查绕组连接正确与否。图 1-98 为 4 极电动机用指南针法检查示意图。

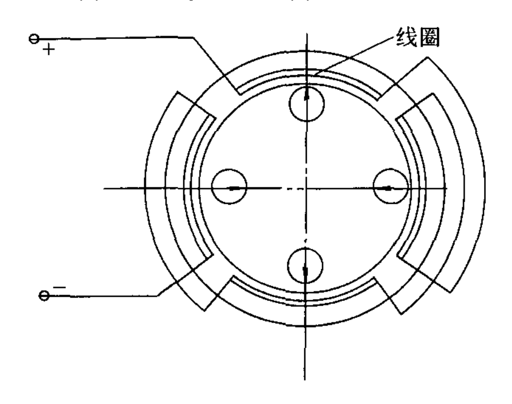


图 1-98　指南针法检查绕组极性

4）导线接头和引出线焊接　如上述检查合格后，可进行绑扎和两个线圈组之间的导线接头的焊接。一般每根导线头绝缘漆要刮去 20mm 左右长，并绞在一起用锡焊牢，后用 30mm 宽聚氯乙烯套管或蜡管套好。

电动机引出线也用上述方法焊好，并用玻璃丝布带或涤纶绳将主、辅绕组及引出线绑牢。

5）定子绕组的整形　在完成上面工作后，要对定子绕组的两端部进行整形，在整形成喇叭口形状时要注意两点：一是在槽口处的绕组不能敲击太重，否则损伤槽口槽绝缘而引起绕组的绝缘电阻下降或甚至击穿。二是定子绕组端部与端盖间隙距离要大于 3mm。

6）定子绕组绝缘电阻检查　用 500V 级的绝缘电阻表检查主辅绕组对机座铁心的绝缘电阻，其值应不小于 2MΩ，否则检查原因。

（3）定子绕组浸漆

浸漆主要是提高定子绕组的绝缘性能、机械强度和散热等。定子绕组重新嵌线要进行浸漆，但如果工艺处理不当，会引起电动机噪声增加。

1）采用有溶剂漆进行浸渍处理　定子绕组浸漆前，放在烘箱内先预烘120℃、1h，排除潮气，然后取出定子，待定子温度降到 65 ℃左右时，浸入漆缸。因为温度过高，漆中溶剂挥发快，使绕组表面形成漆膜，导致漆浸不透；温度过低，绕组吸入潮气，影响浸漆后绕组绝缘性能。浸漆时间约 15 ~ 30min，以不冒气泡为止，然后取出定子垂直放置，把余漆滴干后再放入烘箱。

采用 J—1038 醇酸快固化浸渍漆，该漆是在原 1032 漆基础上改进而成，为 B 级绝缘。定子绕组浸渍时的绝缘处理工艺方法见《交流力矩电动机的修理》一章。

该漆为有溶剂漆，大量实践说明，在绝缘处理时，如果漆的溶剂没有完全挥发掉，则电动机装配后，溶剂会慢慢挥发出来，使电动机的轴承造成慢性腐蚀，即生锈或产生斑点，引起轴承噪声增加。所以一定要烘焙透，而且在烘焙后取出定子放在外面，要让漆的溶剂慢慢挥发，一般经验是闻不出气味时才能装配。

另外，在烘焙结束取出定子时，应趁热去除漆瘤、余漆，特别是在机座止口处余漆，因为如果清除不干净，在端盖装配后，要影响电动机的转子同心度，也会增加噪声。

2）采用无溶剂漆进行浸渍处理　定子绕组浸渍绝缘处理最好采用无溶剂漆，不会造成对轴承腐蚀、生锈等现象，从而避免了噪声增加。对采用无溶剂漆 J—831 环氧快固化浸渍树脂，不需要定子绕组预烘去除潮气，其绝缘处理工序是：

①　定子绕组在常压下浸于漆液，一般浸渍时间为 15 ~ 30min。

②　把定子取出漆缸，直放滴干。

③　烘焙：(130 ± 2)℃，1 ~ 2h，并需鼓风，烘箱升温速度为 50℃/h。

④　烘焙结束取出定子，立即趁热清除漆瘤、余漆，特别是机座止口处余漆。

定子绕组在用有溶剂漆或无溶剂漆浸渍绝缘处理并自然冷却后，用 500V 绝缘电阻表测试定子绕组对机座铁心的绝缘电阻应大于 5MΩ 以上，才算合格。

对于风扇电动机定子绕组重新嵌线的浸漆工艺，建议不采用滴漆或浇漆方法，而采用沉浸方法，这样能使漆较好地渗透到定子槽内及导体之间，烘焙后成为一个坚固的整体，而且绝缘性能较好。

6. 轴承、电容器、热保护元件的检查和选用

（1）轴承检查和选用　噪声大小是评判空调器质量的一个重要指标，在风扇电动机制造时，转子经静、动平衡校验后，因机械不平衡产生的振动和噪声很小，电动机的噪声主要来源于电磁力和轴承。对于降低电磁力引起的噪声，在电动机的电磁设计中都已进行考虑，而对轴承在检查修理和调换时也应注意尽量降低噪声。

①　在拆卸轴承时要用专用拆卸工具，不能用硬敲轴承内圈的办法把轴承敲出。因为用于空调器风扇电动机的轴承属精密部件，如硬敲轴承内圈，因受力不均匀使转轴轴承挡和轴承内圈都要受到损伤，在轴承清洗后或新轴承装进去时，配合精度会受到影响，从而引起轴承噪声增加。

② 对于拆下的旧轴承或要调换的新轴承，一般修理工没有轴承测试仪器，只能用人工检查方法来判别轴承的好坏。

③ 轴承调换 如果检查后轴承已损坏需要调换，则按相同型号选用新轴承；如没有该型号轴承，则选用相同内外径、宽度、相近精度的其他型号的轴承。空调器风扇电动机的轴承为低噪声精密型轴承，如日本的 NSK 型号轴承等。

④ 轴承压装 在内圈上加压要均匀。最好用压力机压人，不许用敲打加压方法。

另外，采用波形垫圈的轴向过盈能降低噪声，但必须要注意端盖轴承室底部四周有无非均匀的小凸台，因为底部小凸台会因预先轴向过盈导致波形垫圈产生非均匀变形而引起噪声增加。所以在修理电动机时，要仔细观察端盖轴承室有无非均匀性小凸台，如有，则要采取措施去除。

（2）电容器检查与选用 空调器风扇电动机为单相电容运转电动机，采用油浸式金属箔或金属膜化薄膜电容器，有铁壳、铝壳和塑壳三种。选用的电容器额定电压必须大于副绕组电路中电容器端电压数值，这样可保证电动机从空载到满载运行时的端电压都不超过其额定值。空调器风扇电动机的电容器一般选用 400（450）V 的规格。

运转电容器的电容量选配应力求使电动机在额定运行时能获得接近圆形旋转磁场，这时电动机具有良好的运行性能，当然在双速或三速电容运转电动机中，对非额定运行转速时，电动机不为圆形旋转磁场，其性能都要降低，但改变转速主要目的是为了可调节冷（或热）风量，增加人们的舒适感。部分空调器风扇电动机的电容器电容量可参看后面附录。

风扇电动机运行时间长，有的环境条件又较差，如湿度较大，使电容器容量减少、短路或断路等现象发生，造成风扇电动机出力不足，甚至不转等。这时除检查定子绕组有无故障外，还需把电容器取下进行测试，一般用万用表就可判断，其方法如下：

把万用表调到电阻档 1kΩ 或 10kΩ，其两根表头接至电容器的两根导线上，观察万用表指针摆动位置大小。

如测试后电容器的电容量减少或损坏，都应调换。

（3）风扇电动机过热保护元件 空调器风扇电动机都有绕组过热保护元件，一般多采用双金属片。这是由两片热膨胀系数相差很大的合金紧紧粘合在一起而形成的。随着温度的升高，双金属片会使热膨胀系数小的金属层逐渐弯曲，当温度上升到一定值时，双金属片发生弯曲使触头分开，切断电路起到保护作用。双金属片保护元件放置位置有两种，一是外置式，即双金属片放在机座外，其规格为 95～110℃，5A；二是内置式，即双金属片放在机座内，贴在绕组表面绑扎好。风扇电动机如有中间绕组的，则双金属片串联在主相绕组上，如无空间绕组的，则双金属片串联主绕组或辅绕组均可以，该双金属片保护元件规格为 125℃、5A。

7. 风扇电动机检查试验

风扇电动机装配好之后，要进行检查试验，一般试验项目是绕组对机座及绕组之间的绝缘强度试验，电动机空载试验，电动机负载（带风叶）试验，电动机负载（带风叶）的起动试验。

1）绕组对机座及绕组之间绝缘强度试验 用 500V 绝缘电阻表测试绕组对机座或绕组相互间的绝缘电阻大小，应大于 20MΩ 合格。

2）电动机空载试验 电动机通以 220V 额定电压进行空载试验，测量电动机的转速和空载电流，测量转速是否在规定值范围，观察电动机运转有无异常情况。

3）电动机负载（带风叶）试验 电动机通以 220V 额定电压进行负载试验，用电阻法测量电动机的温升。

用半导体点温计测量机座某个部位，如电动机运行一段时间后，该点温升在 1h 内不超过1℃，则认为电动机温升达到热稳定，此时断开电源，马上测取定子主绕组的电阻（在 15s 内用数字显示万用表测取），用下式计算绕组温升 θ：

$$\theta = \frac{R_2 - R_1}{R_1}\ (235 + t_1)\ + t_1 - t_0$$

式中 R_2——试验结束时的主绕组电阻，Ω；

R_1——绕组在实际冷态下的电阻，Ω；

t_0——试验结束时的冷却介质温度，℃；

t_1——对应于测量 R_1 时的冷却介质温度，℃。

对 B 级绝缘等级的风扇电动机，其温升限值 θ 为 80℃，如电机负载试验后的温升小于 80℃，则为合格。

4）电动机带负载（风叶）的起动试验 电动机处于实际冷态或热稳定状态，施加 0.85 倍额定电压，即 187V 下在低速挡应能起动。如无中间绕组，电动机能在 187V 下起动。

8. 附录

附表 1-46～1-49 为浙江省嵊州市奥力电器有限公司生产（部分）的家用空调器（窗式、挂壁式和柜式）和 YDK、YFK 系列风扇电动机的性能指标，以及部分 YFK 系列风扇电动机规格技术参数。

（三）压缩机组的拆卸与检修

电冰箱、空调器用压缩机组是全封闭结构，检修时拆卸工艺难度很大。故在拆卸前必须反复认真检查，确认是机组故障才可进行拆卸。

压缩机组拆卸工艺如下：

1. 全封闭机壳的拆卸

1）切断抽真空加液管，将制冷剂放出后，用火焊或喷灯熔焊下壳体上的高、低压管道，同时封住管口，以防潮气进入管道系统内；

2）卸下机组固定螺钉，取出机组壳体；

3）将壳体内冷冻润滑油从吸气管口倒出，并记下油量；

4）将机组壳体夹在台钳上，用钢锯或角向磨光机沿接缝处割削分开。

2. 压缩机—电动机的分解

拆卸和分解前要记录原装配方位，必要时用冲子做记号，避免恢复装配时发生差错。拆卸工艺如下：

1）先拆卸支撑弹簧，可用冲子将固定支撑的避震弹簧三个挂钩的铆压点冲出，再用尖嘴钳摘脱挂钩；

2）松开高压缓冲管的固定螺丝和卡子，将管子弯向机壳一侧，勿使折断；再拔出连接电动机到内壁插座上的插头，即可将压缩机—电动机整体脱离壳体。同时可检查机件有无生锈，转子、曲轴和活塞有无受阻或损坏；

3）拆卸解体压缩机时，先拆下固定气缸盖和阀座的4只螺丝，卸下气缸盖和阀座；然后取下阀座纸垫，卸开定位销即可取下阀片；

4）卸下固定电机定子铁心的4个螺钉，取出定子检查绕组故障情况；

5）卸下汽缸4只固定螺钉将气缸体取出；

6）分解曲轴与转子时，应测量并记录部件的相对尺寸后将曲轴下端的吸油嘴取下，用大型台钳在钳口加垫紫铜垫片后张开；再在曲轴小头端连同平衡块套上一段铁管，使钳口两端分别夹住转子轴端和铁管端，摇紧钳口便可将曲轴、转子及机架拆开。

3. 压缩机组的修理与装配

压缩机组分解后，将高低压阀座上的石棉纸垫刮干净；然后将定子绕组外的所有零件浸泡在洗涤剂或汽油中清洗，要求零件干燥后表面不附白霜才算干净；再仔细检查各零件的磨损程度，确定检修方案，同时将完好的零件放入干净的塑料袋内封存起来。

各零部件修理好后也要清洗干净，然后与原来封存的零件一起进行干燥处理。干燥方法可将零件放入120℃的干燥箱中烘烤1h，停止加温后待箱温降到室温才能取出装配。

（1）电动机的重绕与装配　压缩机组的电动机若故障严重，应拆除绕组作重绕修理。检查及重绕方法、顺序可参照分相电动机修理。但其修理工艺有如下特点：

1）绕组数据的特点　压缩机组的电动机绕组拆卸时先要注意绕组的绕法。若属电阻分相型时，多数电动机是采用副绕组部分线圈中的反绕匝数来获得足够的分相起动电阻，并同时减少副绕组的感抗，而且都在大节距线圈中实行反绕。此外，绕组型式均采用正弦绕组，各大中小线圈匝数均不相等，故拆卸时要特别注意。电冰箱和空调器电动机的绕组参数可参考附表1-23和1-24。

2）压缩机组电动机线圈的绕制特点，由于正弦绕组是同心式布线，每组线圈较多，为便于绕制和脱模，主、副绕组线模制作宜用图1-100的形状。设计线模时要注意伸出槽外的线圈端部不要留得过长，一般不应超出原有的长度，以免在安装时碰到压缩机的气缸座。国产电冰箱部分压缩机组电动机的线圈模制作尺寸可参见表1-50。

3）绕组绝缘的特点　对同槽中嵌入大小不同绕组时，层间必须放置涤纶薄膜或聚酯薄膜作层间绝缘；引出线禁止使用黄蜡管、聚氯乙烯塑料管或普通绝缘胶布及黄蜡绸等作为包扎绝缘，而应使用聚酯、聚砜纤维或纯棉、玻璃纤维等专用绝缘的多股细铜丝编织线带包扎绝缘。

4）绕组接线与转向的关系　压缩机是采用油泵润滑的，若反转则油泵失去供油能力，机组将很快损坏，所以不允许反转。而电动机引出线只有三根，公共点在机内接好，所以电动机转向必须在接线时确定。

一般来说，当机组从电动机端看去，转子应为反时针旋转。而分相电动机的时间相位是副绕组超前于主绕组的，在相同极性相邻的主、副绕组的线圈组中，电动机转向总是从副绕组转向主绕组的。因此，为了获得电动机正确的（反时针）转向，接线时必须使公共点引线靠近的副绕组应在主绕组左边，如图1-100所示。

5）定、转子的装配特点　压缩机组的电动机转子装配前，在曲轴上要涂少许润滑油，然后把转子套入曲轴下端，通过铁管在台钳上（钳口要垫紫铜片）将转子压入曲轴。压入时不要从一个方向一次压入，应压入一段，旋转一个方向逐段徐徐压入，以防装偏。装好后，转子应留有3mm的窜动量。

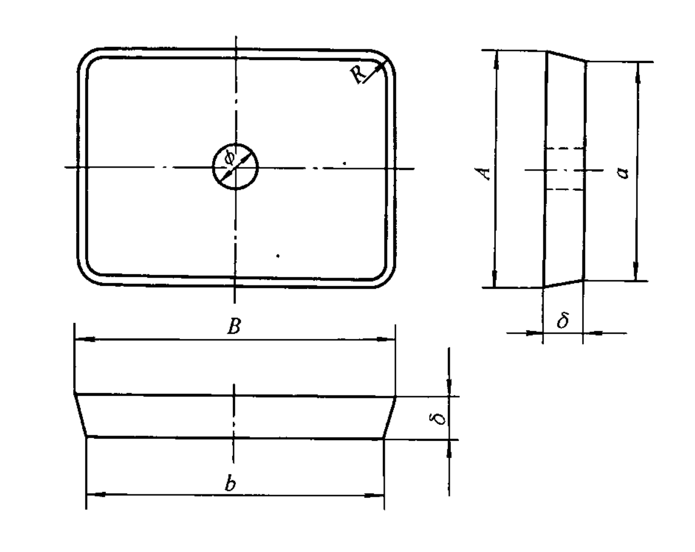


图 1-99　正弦绕组绕线模

图 1-100　主、副绕组公共点接线方法

表 1-50　国产电冰箱部分压缩机组电动机的绕线模尺寸　　(mm)

型号		QF-21-93							QF-21-75							FB-505					FB-517				
绕组模板规格		a	A	b	B	δ	R	φ	a	A	b	B	δ	R	φ	A	B	δ	R	φ	A	B	δ	R	φ
主绕组	最小	35	37	48	50	6.5	7	根据绕线机轴径开孔	34	36	40	42	6.5	6	根据绕线机轴径开孔	34	25	5	6	根据绕线机轴径开孔	52	33	10	7	根据绕线机轴径开孔
	小	53	55	53	55	9	10		46	48	52	54	7.5	10		45	45	5	10		63	50	10	9	
	中	70	72	64	66	11	14		54	56	72	74	10	14		56	65	5	14		74	67	10	12	
	大	74	76	96	98	11	18		65	67	92	94	10	20		67	85	5	20		85	84	10	16	
	最大	84	86	120	122	11	22		78	80	116	118	12	26		77	106	5	24		97	100	10	20	
副绕组																34	25	5	10						
	最小	48	50	56	58	5	9		45	47	50	52	6	10		43	45	5	12		65	45	5	8	
	小	62	64	72	74	8	12		55	57	62	64	7.5	14		52	65	5	16		76	63	5	11	
	中	68	70	88	90	9	16		58	60	80	82	7.5	18		61	85	5	18		87	81	5	15	
	大	78	80	100	102	12	20		65	67	100	102	9	20		69	106	5	20		97	100	5	20	

电机定子是由4只螺钉固定在机架下面，装配时要对角依次拧紧，且边紧边转动曲轴，以防单边“卡死”。定、转子装配后要用塞尺检测，气隙应在0.2~0.25mm之间，要求偏差不得超过±0.05mm。

（2）机组封壳工序　压缩机组壳体拼合封壳前，必须将壳体内的三个悬吊弹簧挂好，再倒入润滑油进行试机。正常后，在定压点用冲子砸紧，并把油倒出，然后进行封壳。

1）封壳　压缩机组壳体要求密封，必须采用电弧焊焊接。焊接时先在几点上固定，然后根据壳体的材质和厚度选用适当偏大的电流进行焊接，焊接时要求时间短、质量高、无泄漏。

2）检漏　用铜套筒套入高、低压管焊接封口，由加液管通过压力表充入氮气进行试压，试压压力为1MPa，要求放入水中5min应无泄漏气泡为合格。

3）整机干燥　检漏合格后，将管口封焊开放出氮气，接通电源起动压缩机，再把润滑油从吸气管吸入（吸入油量参照原先放出量）；然后切断电源，将整机组放入110℃烘箱中干燥8h待其自然冷却至50℃左右，即可进行安装连接管道。

4. 压缩机组接线端柱的判别与接线

压缩机组电动机的主、副绕组及公共点均在机内连接后引出，线路接线是通过密封壳体上的三个接线端柱连接的。通常，国外压缩机组用M代表主绕组引线，S代表副绕组引线，C代表公共点引线。目前国产机组没有规定标志，但一般情况是副绕组的直流电阻大于主绕组。因此，对无引出线标志或疏忽标志的压缩机组电动机，可采用测量直流电阻法判别引出线。判别方法如下：

1）用万用表测任意两接线柱，找出最大电阻值的接线柱后，则未测端便是公共端“2”；

2）一表笔固定接“2”，另表笔分别检测另两端，凡阻值最小的是主绕组出线“1”；较大阻值的是副绕组出线柱“3”。

六、家用洗衣机电动机的故障检修

家用洗衣机按功能型式分：波轮式、滚筒式及搅拌式三类。

家用洗衣机按结构分：波轮洗衣机有单缸简易式、双缸半自动式及双缸或套缸全自动式几种；滚筒洗衣机有横开门卧式和上开门立式，而且多数为全自动控制。洗衣机用电动机有洗涤专用和脱水专用两种；也有一台电动机双速兼用。洗衣机电动机广泛采用单相四极电容运转电动机，少数老产品曾采用罩极电动机。

表1-51　波轮式洗衣机电动机和电气、机械控制系统的常见故障及处理方法

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	波轮（电动机）不转	1. 电源断路 2. 电源电压过低 3. 波轮底部间隙被堵住 4. 传动轮损坏或脱销 5. 传动皮带过松打滑或脱落 6. 电动机主轴“卡死” 7. 洗涤衣物超量过多或缠绕波轮 8. 电动机起动转矩太小 9. 电动机绕组烧坏或断线 10. 定时器接触不良或损坏 11. 电容器损坏	1. 检查电源插头、插座、熔丝、开关及导线 2. 加装稳压器 3. 清除堵物 4. 固定螺销或更换传动轮 5. 调紧皮带或更换新皮带 6. 检查主轴修复并加润滑油 7. 减少衣物或去除缠绕衣物 8. 重绕绕组或换电动机 9. 检修故障或重绕 10. 检修触点或更换触点 11. 更换同规格电容器
2	波轮（电动机）运转不正常	1. 波轮与轴的连接松动 2. 传动皮带过松打滑 3. 洗衣物过多或缠绕波轮 4. 电动机定子绕组局部接反 5. 电动机转子笼条断路 6. 定时器接触不良或损坏 7. 电气控制系统其他元件接触不良 8. 电容器失效或接线松动	1. 固定螺丝拧紧或更换波轮 2. 调紧或更换传动皮带 3. 减少衣物或去除缠绕衣物 4. 检修纠正 5. 检修或更换转子 6. 检修触点或更换定时器 7. 按电路图分段检查修复故障点 8. 检修更换电容器

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
3	波轮（电动机）不能反转	1. 线路接错 2. 定时器局部损坏 3. 套缸洗衣机离合器扭簧坏 4. 程序控制器触点接触不良	1. 按电路图检查纠正 2. 检修或更换定时器 3. 更换扭簧 4. 检修触点或更换控制器
4	洗衣机（电动机）运行时振动噪声大	1. 电动机轴承或转动轴承磨损、位移或缺油 2. 传动机械机构松动或密封圈过紧 3. 波轮变形碰擦桶底 4. 箱壳紧固螺丝松动或变形 5. 电动机支架防振措施不佳	1. 换轴承或加注润滑油 2. 检修过松、过紧故障点 3. 更换波轮 4. 拧紧螺丝，修复变形 5. 改善防振措施
5	脱水桶（电动机）运行不正常	1. 脱水电动机绕组或线路松动、断路 2. 脱水定时器故障 3. 脱水电动机电容器损坏 4. 脱水桶盖保护开关接触不良 5. 脱水电动机制动装置过紧过松 6. 脱水桶内衣物超量或放置不平衡	1. 检修故障点 2. 检修故障点或换定时器 3. 更换电容器 4. 检修开关触点或顶针 5. 检修调整制动装置 6. 减少衣物量、改善放置方式
6	脱水桶（电动机）运行时有异常噪声	1. 脱水电动机三个减振弹簧支承座不平衡 2. 减振弹簧损坏或个别疲劳失效 3. 脱水电动机轴与制动鼓松动 4. 制动鼓变形或间隙过小 5. 脱水衣物过量又分布不平均	1. 调整在同一水平上 2. 更换新弹簧 3. 拧紧防松螺帽 4. 检修制动鼓，调整间隙 5. 减少衣物量、改善放置方式

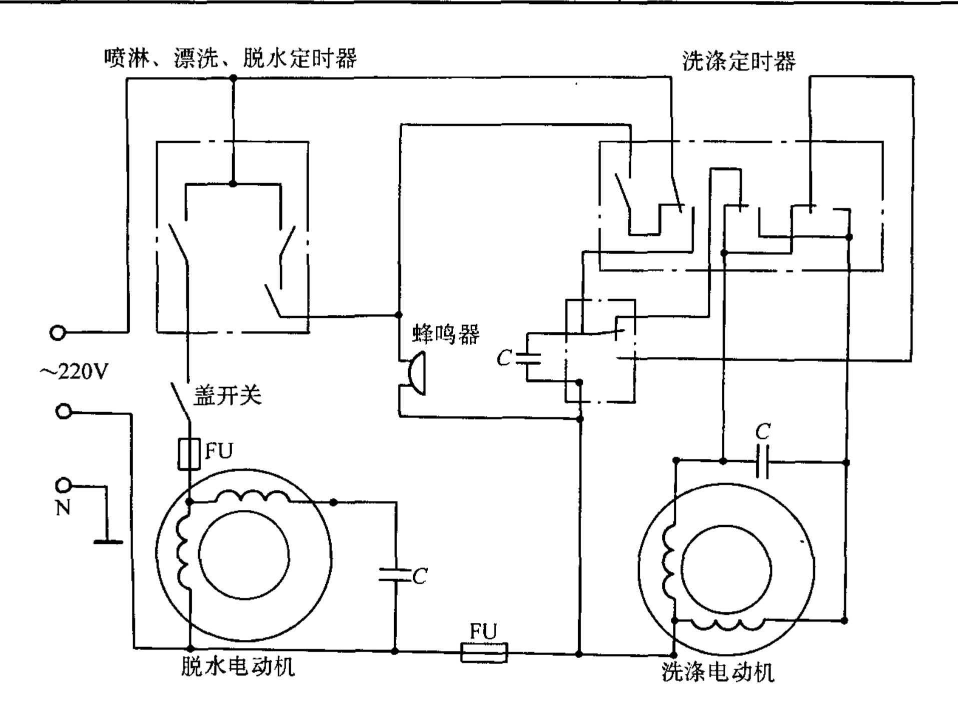


图 1-101　双缸洗衣机（双电动机）典型电路

（一）洗衣机电动机的常见故障

简易式单缸洗衣机结构最简单；而半自动及全自动洗衣机的电气、机械控制系统结构较复杂，发生故障的几率也大。为此洗衣机一旦发生故障，要先仔细检查电气、机械控制系统的可能性故障，才能避免误判电动机故障而返工。波轮式洗衣机电动机和电气、机械控制系统的常见故障及处理方法见表 1-53。

目前，国产波轮式洗衣机的内部机械结构和电气控制系统大致相同。半自动或全自动洗衣机的洗涤、漂洗、脱水工作程序，都由电气控制系统主要部件定时器或微电脑控制一台或两台电动机交替工作；另有上下排水功能的则多一台电动排水泵。双缸洗衣机典型电路如图 1-101 所示。套缸式全自动洗衣机只具一台电动机，其洗涤、喷淋漂洗、进排水、脱水等一系列整个工作程序，均可按预选程序由定时器或微电脑自动完成，并由蜂鸣器指示洗衣整过程结束。套缸洗衣机典型电路如图 1-102 所示。

（二）套缸洗衣机电动机的拆装

洗衣机电动机和排水阀一般都固定在底盘下面。拆卸时可先用泡沫塑料填入洗衣桶与箱壁之间固定，然后把洗衣机放倒进行拆卸取出电动机。

拆取电动机的步骤如下：

1）把固定在机箱上的导线束解开；

2）找出电动机接线柱，做好记号后将导线接头松开；

3）拧松电动机底脚螺钉，取下传动带；

4）卸下底脚螺钉，取出电动机；

5）卸开轴上锁紧螺帽，再拧松固定螺钉，将带轮退出轴端，即可拆卸电动机检修。

电动机检修后的装配顺序按拆卸时相反进行。为确保装配质量，应注意下列事项：

1）带轮上的固定螺钉必须对正电动机轴上的防滑孔，否则会产生滑动位移或松动；

2）安装电动机的固定螺钉不能用力过猛或过轻，以拧紧为度；

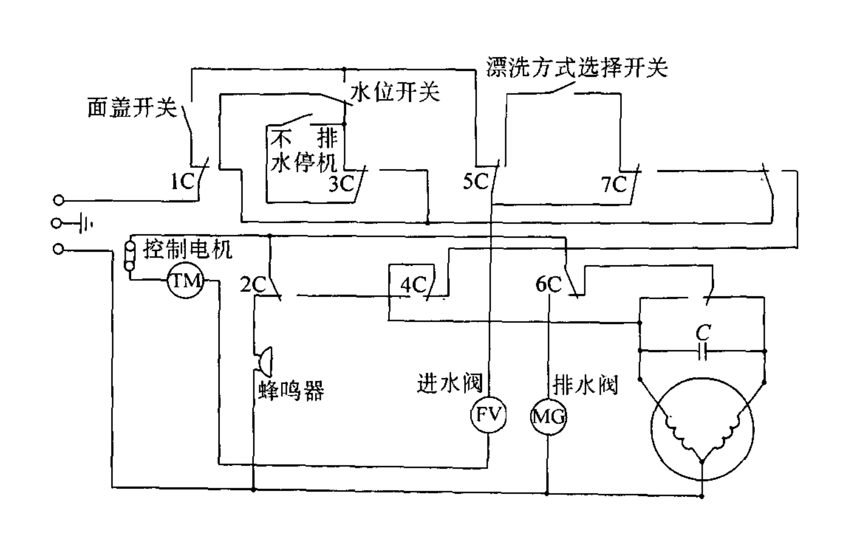


图 1-102　套缸洗衣机典型电路

3）传动带的张力可用手压试，以下浮距离约 10mm 为宜，过紧易产生噪声或单边扭力而加速轴承磨损；过松则易产生滑动。

（三）波轮式洗衣机的振动噪声故障处理

洗衣机运行时产生的振动与噪声来自电动机和传动机械机构。

1. 电动机运转噪声

多数由于轴承损坏、缺油，或者转子与主轴松动造成。检查处理方法可参见本章第二节分相电动机修理，以及第五节台扇电动机修理有关内容。

2. 由电动机运转引起的共振噪声

这种噪声不属电动机本身故障，多数属箱体结构问题，也不属故障性质。

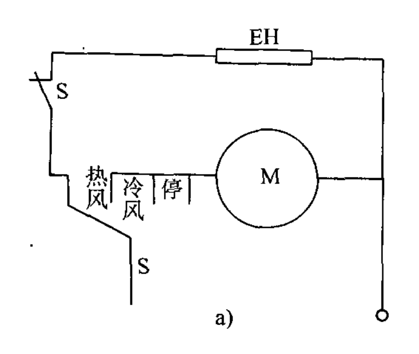
（四）洗衣机电动机的修理特点

洗衣机脱水用电动机的绕组结构与修理方法同一般单相电容运转电动机相似。洗涤用单相电容运转电动机属专用电机，它的绕组特点是主、副绕组参数相同，其匝数比为 1∶1，两绕组分布槽数和导线截面积也相同。这样可使电动机正反转时方便地互换为主、副绕组，而且都采用正弦绕组。它的绕组布线型式可参见本章第一节图 1-44 所示。

七、电吹风电动机的故障检修

电吹风结构简单，由电动机、发热元件以及电气控制元件组成，其中以电动机和发热元件最易发生故障，电气控制元件故障机会较少。

电吹风电动机有串励式、罩极式和永磁式。电吹风的典型电路如图 1-103 所示，电吹风电动机和其他主要元件的常见故障及处理方法见表 1-52。



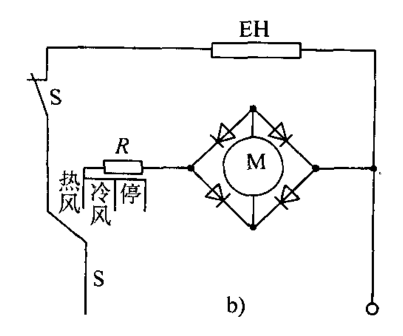


图 1-103 电吹风的典型电路

a）串励式或罩极式电路 b）永磁式电路

M—电动机 SA—功能选择开关 EH—电热元件

表 1-52 电吹风电动机和其他主要元件的常见故障及处理方法

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机不运转	1. 电源断路 2. 电动机绕组断路、短路或烧坏 3. 串励永磁电动机电枢绕组断路、短路 4. 串励、永磁电动机换向器有油粉垢 5. 罩极电动机转子笼条断条 6. 罩极电动机磁场罩极线圈断路 7. 永磁电动机整流元件断路或损坏 8. 串励、永磁电动机电枢电刷接触不良	1. 检查开关、熔丝、电源线故障点修复 2. 检修故障点或重绕绕组 3. 检修断路、短路故障点或重绕 4. 清除换向器槽内油垢及电刷碳粉，用酒精清洗 5. 检修断笼条补焊修复 6. 修焊罩极线圈成闭路 7. 检修断路故障或换整流元件 8. 修磨电刷接触面
2	电动机转速慢	1. 电源电压过低 2. 电动机磁场绕组短路 3. 串励、永磁电动机电枢绕组局部短路或断路 4. 电动机轴承配合过紧或缺油、磨损 5. 风叶片与外壳摩擦或掉风叶片 6. 串励、永磁电动机电枢电刷压力大	1. 加装稳压器 2. 用降压法检查短路点或重绕 3. 用片间降压法检查短路点，用电阻法检查断路故障或重绕 4. 调整配合或清洗加油或换轴承 5. 检修间隙或修换风叶片 6. 调整电刷压力
3	电刷换向火花严重	参见本章第四节表 1-37 串励电动机修理内容	
4	电动机运行噪声大	1. 电动机轴承严重磨损 2. 转子与定子有“扫膛” 3. 风叶片擦外壳 4. 串励、永磁电动机电枢换向器表面粗糙不平或变形	1. 更换轴承 2. 检修轴承或更换轴承、弯轴 3. 校正风叶片与外壳间隙 4. 精磨换向器表面，刮削云母沟槽，清除残屑，再用酒精清洗

（续）

序 号	故 障 现 象	故 障 原 因	处 理 方 法
5	电动机运转而无热风	1. 选择开关接触不良 2. 发热元件电热丝断路 3. 温控元件断路或失灵	1. 检修或更换选择开关 2. 绞接断点或更换电热丝 3. 检修或更换温控元件

电吹风电动机故障检修可参见本章第三、四节罩极电动机与串励电动机修理内容，永磁式电动机故障检修也可参照串励电动机处理。

八、吸尘器电动机的故障检修

吸尘器是一种具有清洁功能的家用电器。它的优点是工作效率高，而且可避免清扫过程中灰尘飞扬二次转移污染的弊病。近年已逐渐普及于家庭使用。

吸尘器电动机除微型采用电池供电的永磁直流电动机外，一般均为交流 220V50Hz 的单相串励电动机。

（一）吸尘器电动机的常见故障

吸尘器电动机属高速专用电动机，因有电枢和电刷相对摩擦，故较易发生故障。常见的故障及处理方法见表 1-53。

表 1-53 家用吸尘器电动机和保护元件的常见故障及处理

序 号	故 障 现 象	故 障 原 因	处 理 方 法
1	电动机不能起动	1. 电源开关接触不良或熔丝烧断 2. 电源自动卷线机构内接触不良 3. 电枢绕组或定子绕组断路 3. 电刷严重磨损造成点接触 5. 电刷与刷座配合过紧造成断路	1. 检修故障点 2. 检修电源插头、插座及导线连接点 3. 检修或重绕绕组 4. 换电刷重新研磨良好配合 5. 修磨电刷使良好配合
2	电动机不运转，但起动瞬间有短暂异声	1. 电源电压过低 2. 电动机轴承严重磨损 3. 定子绕组接错或受潮、短路 4. 电刷远离中心线 5. 滤尘袋破损，杂物卡住风机或电机	1. 加装稳压器 2. 更换轴承 3. 纠正接线或修理、重绕 4. 调整刷握正确位置 5. 修补滤尘袋，取出堵塞杂物
3	电动机转速慢	1. 电源电压过低 2. 电动机定子、电枢绕组有短路、接地 3. 定子、转子间有异物 4. 电动机轴承润滑油老化或缺油 5. 电刷弹簧压力过大 6. 电刷刷握松动移位	1. 调整电源电压或加装稳压器 2. 检修短路、接地故障 3. 清除异物 4. 洗清轴承更换新润滑油 5. 调整弹簧适当压力 6. 调整刷握到原来位置
4	电动机温升高，出风口排风温度高	1. 电动机励磁回路有短路、接地 2. 电刷架松动移位 3. 电刷产生强烈火花 4. 电动机定子、电枢铁心相擦 5. 风叶卡阻使电动机负载增加 6. 软管与进风口未连接好 7. 软管、吸尘嘴和集尘袋有堵塞 8. 滤尘袋微孔堵塞，集尘室积尘满 9. 吸尘器连续使用时间过长	1. 检修或重绕绕组 2. 调整到原来位置 3. 参见本章第四节串励电动机修理表 1-37 内容 4. 检查原因排除或换轴承 5. 排除卡阻原因 6. 纠正接好 7. 清除堵塞物 8. 清除堵塞和积尘或换滤尘袋 9. 适当减少连续使用时间

（续）

序　号	故　障　现　象	故　障　原　因	处　理　方　法
5	电动机运转但吸尘力不足	1. 电动机转速低或反转 2. 电动机与壳体间隙过大 3. 电动机轴上风叶松动 4. 集尘袋孔堵塞或积尘太多 5. 软管、吸尘嘴、集尘袋接口堵塞 6. 二次滤尘袋堵塞 7. 吸尘器顶盖与中壳体间隙过大 8. 软管破损或附件漏气 9. 起尘转刷的刷毛严重磨损	1. 参见本表序号 3 项处理 2. 修整结合面，更换密封胶 3. 检修松动故障 4. 清除堵塞积尘 5. 清除堵塞物，或清洗集尘袋 6. 清扫或清洗滤尘袋 7. 修整结合面，更换密封胶 8. 修补或更换配件 9. 更换起尘刷
6	电枢换向器与电刷间有大火花或环火	参见本章第四节表 1-37 的内容	
7	电动机噪声大	1. 电动机轴上风叶松动或变形 2. 电动机转轴弯曲 3. 电动机装配不良 4. 轴承磨损或润滑油不良有杂质 5. 换向器表面不平或云母片凸出 6. 电刷弹簧压力不当 7. 滤尘袋破损有杂物进入电动机、风机 8. 壳体内壁与出风口等部位吸音材料破损或脱落 9. 电动机前后防振垫块老化或破损	1. 检查整形紧固或换新风叶 2. 校正转轴 3. 重新调整装配 4. 更换轴承，清洗后换润滑油 5. 车削、研磨换向器，刮削云母片下刻 0.5mm 6. 调整弹簧压力或换新配件 7. 清除杂物修换滤尘袋 8. 修补或换新吸音材料 9. 更换新防振垫块

（二）吸尘器电动机的修理特点

1. 电枢的接线

吸尘器电动机的重绕修理可参考本章第四节交直流两用串励电动机有关内容。由于电动机属专用型式，重绕时要特别注意电枢线圈与换向器的相对位置。对于失去原始数据进行重绕时，可先将线圈端部自中心线向左或向右偏移 1～2 换向片，然后根据试运转时的火花情况再调整接线位置。

2. 电枢的浸漆

吸尘器电动机的转速一般都在 13000～18000r/min 以上，有的超过 25000r/min。在这高速条件下运转的电枢，即使其直径较小，运行时的离心力也相当大。如果电枢绕组的机械强度稍差，绕组就容易发生短路或断线故障。为此，重绕绕组浸漆后与铁心的整体机械强度就要求较高，且绝缘漆在线圈导线间必须充填密实，不得留有空隙，这对一般绝缘漆是很难满足高速电枢的技术要求的，所以应采用环氧无溶剂树脂漆进行浸渍。因为这种漆具有流动性好，渗透力强；挂漆量大，充填系数高，热传导性好；粘结力强，机械强度高，物理性能稳定；吸水性小，防潮性能好，即使受潮干燥后绝缘性能恢复快，又异味小、毒性小；特别在常温或低温下可预烘浸漆，烘燥时间短。

吸尘器电动机的电枢一般宜采用垂直旋转滴浸工艺，并要垂直旋转进行烘燥。

3. 电枢动平衡校正

重绕电枢绕组浸漆烘燥后应在动平衡机上进行动平衡校验。不平衡时的校正方法如下：

（1）增重法　是对电枢铁心偏轻点采用加重来校正。具体方法是用铜质槽楔替换普通槽楔，换用时槽口要用复合绝缘纸垫衬加强绝缘，以免线圈对地击穿。

（2）减轻法　是对电枢铁心偏重点上钻削去一些铁心屑使其平衡。但不宜采用一孔深钻削，应作分布

浅钻削，以免钻伤线圈或产生旋转时的气流阻力造成新的不平衡因素。

为确保电枢在高速运转时的可靠性，重绕电枢绕组后还应作以下两项试验：一是对换向片间作1000V耐压试验，也可用1000V摇表试验；二是对换向器作转速40000r/min历时1min的超速试验。

九、电唱机电动机的故障检修

电唱机主要由电动机、转盘、拾音器以及传动机构组成。这些部件又是电唱机质量的关键因素。

电唱机电动机有罩极电动机、永磁直流电动机与反应式同步电动机；高级电唱机电动机则采用无刷直流电动机或无刷、无铁心伺服直流电动机作低速直接驱动转盘，并使音臂同步工作，有的还具有自动翻唱片功能。随着录音机以及近年CD、VCD、DVD机的迅速崛起，电唱机将被淘汰，考虑到目前还保存着少量电唱机尚在使用，本小节只介绍常用的电唱机罩极电机及其控制、传动机构的常见故障检修。

(一) 电唱机电动机的常见故障

国产电唱机电动机目前少量采用永磁直流电动机与同步电动机，多数采用四极罩极电动机。这种专用电动机结构简单，运行可靠，维护方便，其结构如图1-104所示。这种罩极电动机故障几率很小，除绕组偶然烧坏外，一般只要保持润滑油不干便可长期运行。电唱机有时产生转盘不转或者转速不稳，以及唱片放音失真、噪声等故障，多数不属电动机故障，而是有关控制、传动机构或者属于电源、拾音器、音臂、唱片及放大器等质量原因所致。对于电源等后者故障，因不属电机有关内容故从略，而有关电机与控制、传动机构的常见故障及处理方法可参见表1-54；罩极电动机的故障修理可参见本章第三节有关内容。

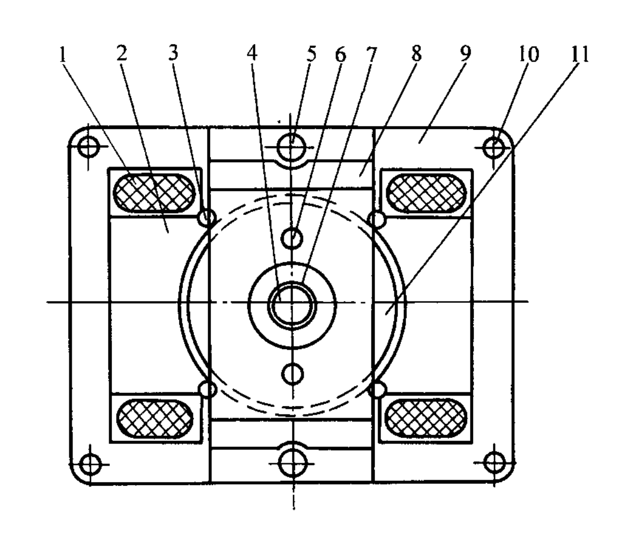


图1-104 电唱机四极罩极电动机结构示意
1—定子绕组 2—定子凸极 3—磁极固定销 4—转子轴伸 5—轴承座板螺钉 6—轴承盖固定孔 7—轴承注油隙 8—轴承座板 9—定子铁轭 10—电动机固定孔 11—转子

表1-54 电唱机电动机和控制、传动机构的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机（转盘）不运转	1. 电源断路	1. 检修熔丝、插头座、导线故障点
		2. 电源开关或自动开关触点接触不良或触点烧坏	2. 修换触点或更换开关
		3. 自动开关触点臂变形或断裂	3. 用尖嘴钳修整或更换新配件
		4. 自动开关拨杆松动或音臂支轴固定套、凸轮松动、移位	4. 检查原因修复或紧固
		5. 电动机转子或轴承卡住	5. 排除卡堵或检修轴承
		6. 电动机绕组断路或烧坏	6. 检修或重绕
		7. 橡胶靠轮老化或沾有油污	7. 清洗去油或换靠轮
2	电动机（转盘）转速不稳	1. 电源电压或频率变化波动	1. 加装稳压器，频率波动属供电质量无法克服
		2. 橡胶靠轮老化或变形	2. 更换靠轮
		3. 宝塔轮、靠轮等传动机构有松动打滑	3. 检修紧固
		4. 宝塔轮与靠轮相对摩擦不良	4. 改善正常摩擦
		5. 转盘变形不平衡	5. 校正
		6. 转盘轴套加工精度差	6. 加工轴套改善配合
		7. 调速机构不良	7. 检查校正

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
3	电动机温升高发热	1. 连续运转时间过长 2. 电动机轴承缺油 3. 电动机定子绕组短路或罩极闭路环电阻值过小 4. 转子有断条 5. 传动机构缺润滑油 6. 电源电压过高	1. 适当减少使用时间 2. 加注适量润滑油 3. 检修绕组或重绕，改用电阻率较大的导体重绕短路环 4. 检修或更换转子 5. 适量加一两滴润滑油 6. 加装稳压器
4	机振、噪声大	1. 电动机轴弯 2. 转子动平衡差 3. 电动机底座消振胶垫老化变硬 4. 音臂支座、面板、盒底板消振胶垫或弹簧、泡沫塑料块老化 5. 宝塔轮、靠轮或转盘等摩擦面粗糙或轴心不同心 6. 宝塔轮阶梯边与靠轮边缘相擦 7. 转盘轴套缺损或不平衡 8. 机盒放置不平稳 9. 音频放大器低频级滤波不良	1. 校正或更换电动机轴、转子 2. 校正动平衡 3. 更换消振胶垫 4. 增加或更换消振垫块 5. 研磨加工或更换 6. 调整宝塔轮水平位置 7. 加工或更换轴套 8. 重放水平位置使稳妥 9. 改善低频级滤波电路、元件
5	电动机（转盘）该停而不停转	1. 自动开关触头烧蚀粘连 2. 自动开关触头臂变形，弹性失效 3. 自动开关转换拨杆移位、脱落	1. 修磨或更换触头 2. 校正或更换开关 3. 检修复位紧固

表 1-55 家用电动缝纫机电动机的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机不运转	1. 电源断路 2. 调速器触头接触不良或烧蚀 3. 电动机定子绕组断路 4. 电枢绕组或换向器严重短路 5. 轴承严重磨损 6. 电刷卡死造成开路 7. 传动机械机构卡死	1. 检修熔丝、插头座、导线故障点 2. 修磨触头或更换触头 3. 检修或重绕 4. 检修或重绕 5. 更换轴承 6. 研磨电刷并修整刷盒 7. 检修传动机构排除堵卡原因
2	电动机（缝纫机头）运行不正常	1. 电源电压过低或波动 2. 电刷弹簧压力过大 3. 电刷与刷盒配合过紧 4. 电刷严重磨损 5. 传动机构或传动带松动打滑 6. 缝纫加工料太厚	1. 加装稳压器 2. 调整弹簧压力 3. 调整适当配合 4. 更换电刷 5. 调整、紧固，传动带绷紧或涂松香粉末 6. 适当减少加工料厚度
3	电刷与换向器间电火花大	参见本章第四节表 1-37 串励电动机修理内容	

（二）电唱机电动机的保养

电唱机电动机一般不易损坏，正常使用的寿命很长。为避免产生故障，保养维护工作也是极必要的，每年应做一次保养检查、清扫、加油工作，同时进行各元部件校正、维修或更换元件。加油时要分清加油点与禁油点。凡转动部位均应加注少许润滑油，以一两滴为宜；严禁在宝塔轮、橡胶靠轮接触面和转盘轴套内沾上油滴。如沾上油污，必须用无水酒精擦干净，保持干燥光洁。对消振元件也要检查保持其完好有效。

十、电动缝纫机电动机的故障检修

家用电动缝纫机电动机有的装在机头内部；有的装在机头下面直接驱动传动机构；也有置于机座板下同一般脚踏缝纫机一样，由传动带驱动机头的飞轮工作。缝纫机速度一般约为 700 ~ 1400r/min。家用电动缝纫机电动机也属专用电动机，为单相串励电动机，外传动电动机也有采用单相电容运转电动机。

家用电动缝纫机电动机一般采用电阻调速。调速器有脚踏板按钮式和膝撞板按钮式，结构相同，只是按钮板的形状大小稍有差异。电阻调速的缺点是不能达到无级平滑调速，不过对家庭缝纫工作的调速要求已足够满足。

家用电动缝纫机电动机已有多种专用型号，体积小，重量轻，结构紧凑，运行可靠，制动性能好。由于有电枢的换向器与电刷结构，维护保养工作就显得重要。家用电动缝纫机电动机的常见故障见表 1-55；修理可参见本章第四节串励电动机有关内容。

第六节　单相电动工具电动机的故障检修

一、电动工具电动机的检修特点

单相电动工具电动机多数属专用电动机，并与各功能工具结构组装成整体，在使用时往往用手直接接触。为确保绝对安全，除使用中必须采取可靠的接地保护外，在检修或重绕修理时，同样要重视安全，除保持电动机原有的参数外，必须严格保持原有的绝缘水平与结构。这是电动工具电动机检修的最大特点。

（一）电动机检修的基本要求

1）双重绝缘受损部位必须进行清理、修补完整，并经耐压试验合格后方能进行重绕工序。

2）不同极性的带电零件或带电体，对非带电体之间应有足够的电气间隙。

3）绕组与非带电体金属之间应有足够的绝缘穿通厚度，并能经受规定的耐压考验。

4）电动工具电动机绕组须用高强度绝缘漆包线绕制。

5）绕组必须采用二次浸漆工艺，对高速旋转的电枢，应采用无溶剂环氧树脂漆进行浸渍，以保证足够的机械强度。

（二）电动工具电动机的重绕修理特点

1. 重绕参数的选择

单相电动工具串励电动机的修理和重绕计算方法与普通用途单相串励电机大致相同，重绕计算方法可参阅第四节。但为了改善换向性能，用于电动工具时可适当提高定子、电枢绕组的匝比，其关系宜用下式估算：

$$\frac{8N_1}{N''_2}=0.9\sim1.3$$

式中　N_1——定子绕组每极匝数；

N''_2——电枢绕组总导体数。

由于电机容量小，绕组电压降落较大，其旋转磁场可由下式估计

电动势

$$E=(0.72\sim0.82)\ U$$

当电动机额定转速为 9000 ~ 15000r/min 时，电枢线负载可取 $A=132\sim155$A/cm；气隙磁密可选 $B_g=0.43\sim0.53$T。

2. 换向器接线位置的确定

电动工具串励电动机电枢绕组在换向器上的接线位置因不同产品而异。所以，拆线时应作详细的记录；以便重绕后按原样焊接。如果原接线位置不清，单转向电动机可试将电枢绕组接头顺电枢旋转方向偏移 20° ~ 26°电角嵌接。其具体接线位置的确定方法如下：

（1）电刷位于两磁极空隙中央　这时有两种情况：

1）槽中心线与换向器片间的云母片重合，如图 1-105a，则每槽线圈数（K/Q_2）必定是偶数。

①　对单转向电动机，每槽所属换向片的接线中心应顺电枢转向偏移 1 或 2 片焊接，如图 1-107b、c 所示。

②　对可逆转电动机，一般采取对直焊接，即对应所属换向片焊接，如图 1-107d。

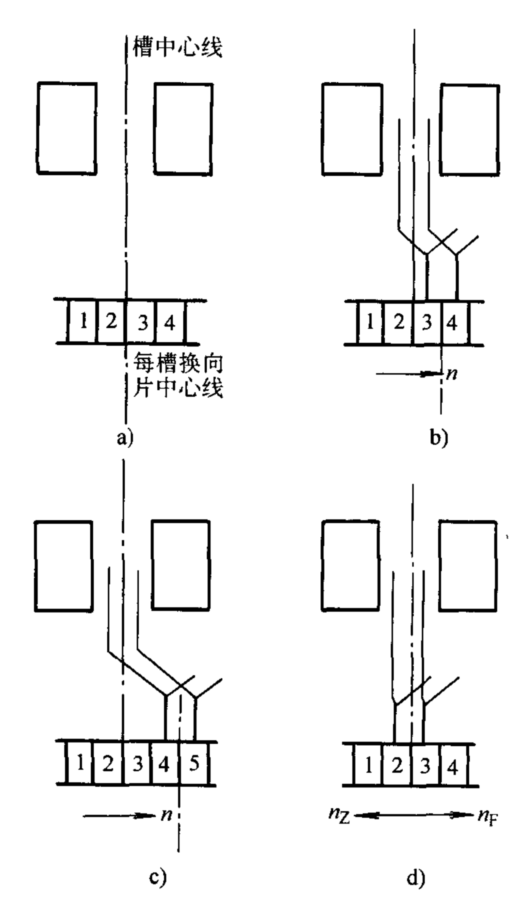


图 1-105 电刷在中央，偏对（槽中心线与换向器云母片中心线重合）时的接线位置

a）偏对（槽中心线与云母片中心线重合）时的电枢转子 b）K/Q_2 = 偶数顺向偏移 1 片的接法

c）K/Q_2 = 偶数顺向偏移 2 片的接法

d）K/Q_2 = 偶数对直接法

2）槽中心线与换向片中心线重合，如图 1-106a 所示。

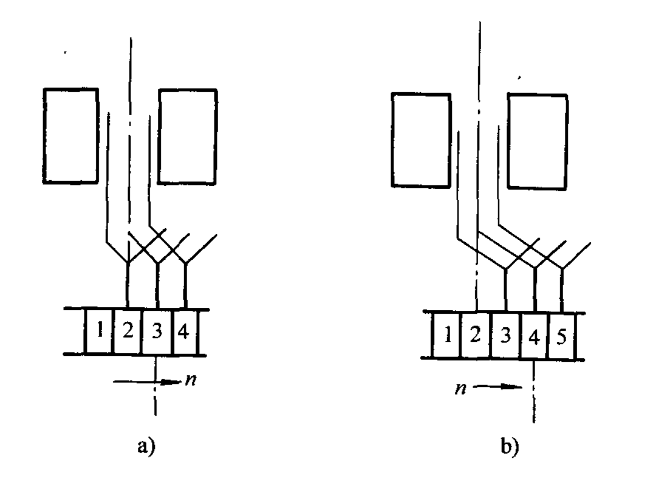


图 1-106 电刷在两极中央，正对（槽中心线与换向片中心线重合）时的接线位置

a）K/Q_2 = 奇数顺向偏移 1 片的接法

b）K/Q_2 = 奇数顺向偏移 2 片的接法

这时，每槽线圈数（K/Q_2）必定是奇数，则

① 对单转向电动机，一般宜顺转向偏移 1 或 2 片换向片，如图 1-106a、b 所示。但是也有采用对直焊接的。

② 对可逆转电动机，一般都采取中心线对直焊接，即对应所属换向片焊接。

（2）电刷位置偏离两极中央 电刷不在两极中央时，可先按下列方法确定每槽换向片中心线在换向器上的位置，然后再确定线头焊接位置。具体作法如下：

1）将电枢装入定子铁心；

2）将某槽做上记号后，旋至两磁极中央位置，如图 1-107 所示；

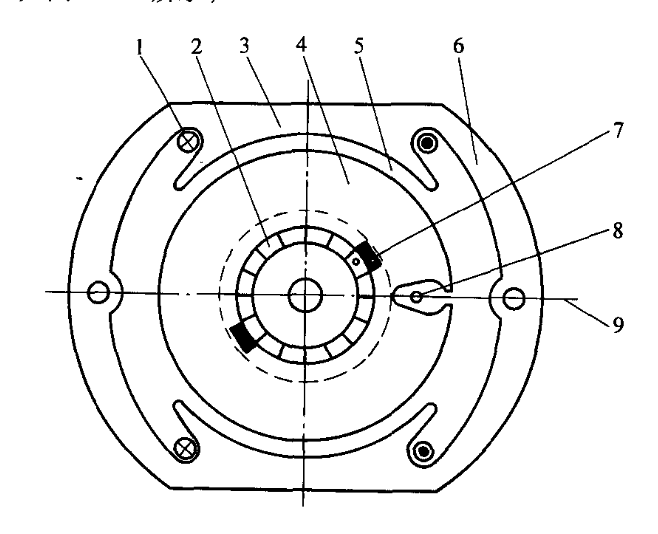


图 1-107 换向器线头焊接位置的确定方法

1—磁场线圈 2—换向器 3—定子磁极 4—电枢 5—气隙 6—定子铁轭 7—最靠近记号槽的电刷 8—处在两极中间的中心线上的槽及记号“0” 9—两磁极之间的几何中心线（中性线）

3）找出靠近记号槽那只电刷所接触的换向片也做上记号“0”；

4）将记号的换向片作为每槽所属换向片的中心线，然后，再根据转向并参考前述的方法确定偏向及偏移片数进行焊接。

然而，线头焊接位置不是固定不变的，某些电动机为了特殊的工作要求，也可能不按上述规律接焊。用上述方法确定接线焊好后，必须试运转，视其火花大小再将线头或电刷位置进行调整。所以，拆除绕组时，必须查明原绕组线头焊接位置。而只有原来性能很差，或原绕组数据失落时，才用上述方法确定接线。

二、单相电钻电动机的故障检修

（一）单相电钻电动机的常见故障

单相电钻电动机有各种故障，有电动机故障，也

有机械变速传动机构故障。其故障原因及处理方法见表 1-56。

表 1-56 单相电钻电动机和机械传动机构的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机（钻头）不转	1. 电源断路 2. 开关损坏或接触不良 3. 电刷与刷盒配合过紧卡死 4. 电刷架松动偏离中心线 5. 换向片间有导电粉末、污垢 6. 定子、电枢绕组有短路、断路或受潮 7. 轴承严重磨损或配合过紧 8. 电枢卡死或电枢“扫膛”	1. 检修电源电路、部件、导线故障点 2. 检修或更换开关 3. 修磨电刷，调整弹簧压力 4. 调整紧固 5. 清除片间杂物后清洗擦干 6. 检修或重绕绕组，受潮要烘干处理 7. 校正配合或更换轴承 8. 检修卡死、“扫膛”故障
2	电动机起动困难	1. 电源电压过低 2. 开关接触不良 3. 定子绕组短路或接地 4. 电刷偏离中心线 5. 电刷架接地 6. 钻头刃口钝或进给压力过重	1. 加装稳压器 2. 检修或更换开关 3. 检修或重绕 4. 调整刷架复位 5. 检修加强绝缘 6. 修磨钻头刃口，减轻进给压力
3	开机熔丝爆断	1. 电源线短路或接地 2. 接线头短路或接地 3. 开关接地 4. 电刷架接地 5. 定子、电枢绕组接地或短路 6. 电刷偏离中心线 7. 电动机严重受潮 8. 电源误接到 380V 上	1. 检修故障点加强绝缘 2. 检修故障点加强绝缘 3. 检修或更换开关 4. 检修加强绝缘 5. 检修或重绕 6. 调整刷架复位 7. 进行烘干处理 8. 改正换接
4	换向火花过大	参见本章第四节表 1-37 内容	
5	电动机运转，钻头不转	1. 变速齿轮有断齿 2. 齿轮轴折断 3. 传动半月键脱落	1. 更换新齿轮 2. 更换新轴 3. 复位或配装
6	电动机转速过快	1. 电源电压过高 2. 电刷偏离中心线 3. 定子绕组有短路	1. 加装稳压器 2. 调整刷架复位 3. 检修或重绕
7	电动机转速变慢	1. 电源电压过低 2. 电刷偏离中心线 3. 换向器局部短路 4. 电枢绕组局部短路 5. 定子、电枢间有杂物 6. 轴承磨损、生锈或有杂物 7. 齿轮变速箱内有杂物或故障 8. 钻头进给压力过大	1. 加装稳压器 2. 调整刷架复位 3. 检修加强绝缘 4. 检修加强绝缘 5. 清除杂物 6. 清除杂物、锈斑或更换轴承 7. 排除故障或杂物 8. 减轻进给压力

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
8	电钻（电动机）运转时噪声大或有撞击异声	1. 电刷太硬或弹簧压力过大 2. 换向器片不平或云母片凸出 3. 电刷尺寸过小或研磨不良 4. 电枢轴向游隙过大或轴弯 5. 轴承磨损或有杂物 6. 定子、电枢间有杂物或相擦 7. 定子或电枢绕组有短路接地 8. 齿轮变速箱有杂物或故障 9. 散热风叶松动或碰壳 10. 装配工艺不良	1. 更换适宜电刷或调整弹簧压力 2. 精加工换向器表面或修整云母槽 3. 更换电刷或重新研磨 4. 加垫圈或更换转轴 5. 去杂物清洗加新润滑油或换轴承 6. 清除杂物或检修碰擦故障 7. 检修或重绕 8. 检修磨损件，清洗或更换配件 9. 检修故障点 10. 检查原因重新装配
9	电动机局部发热	1. 电源电压过低或过高 2. 定子、电枢铁心相擦 3. 电动机绕组受潮 4. 电枢绕组有轻微短路 5. 电枢绕组个别线头脱焊或接错 6. 电刷压力过大 7. 轴承磨损 8. 钻头刃口钝或进给压力过大 9. 钻头超过规格使电动机过载 10. 装配工艺不良 11. 连续工作时间过长	1. 调整或加装稳压器 2. 检修排除故障 3. 烘干处理 4. 检修故障点加强绝缘 5. 纠正重焊 6. 调整压力 7. 更换轴承 8. 研磨或减轻进给压力 9. 更换适用钻头 10. 检查重装配 11. 减少连续操作时间
10	变速箱发热	1. 齿轮变速箱缺油或有杂物 2. 齿轮损坏或啮合过紧 3. 轴承缺油或油过稠或有杂物 4. 轴承配合过紧或磨损 5. 电枢轴或齿轮轴弯曲 6. 电动机过热传导引起	1. 清洗加油 2. 更换齿轮或调整啮合间隙 3. 清洗加新润滑油 4. 重新装配或更换轴承 5. 轻微弯曲校正，否则换新轴 6. 检修排除电机发热故障

（二）电钻部分零部件的检修

电钻电动机的电气故障基本上与单相串励电动机相同，修理时可参照进行。对于部分元部件的特殊结构检修分述如下：

1. 轴承的检修

由电钻常见故障表可知，轴承的损坏将会引起多种故障，因此，轴承检查与更换是电钻检修的重要项目之一。

电钻配用的轴承有滚动球轴承和含油滑动轴套。电动机和出轴端均采用球轴承，而中间盖上为了拆卸方便，通常用滑动轴承。

轴承在运转中会逐渐磨损而间隙变大，使电钻运行时发出较大的噪声，并伴随振动，换向火花增大，电动机发热，严重时会造成定、转子铁心相擦而损坏。滚动轴承的缺陷与检查可参阅本章第二节中的“轴承损坏的检查方法”及表 1-31 所列各项。轴承损坏后，一般不能修复，只能按原规格更换新轴承。表 1-57 是国产 6 ~ 19mm 单相电钻电动机所用轴承的型号、规格。

轴承损坏会导致轴承与轴、轴承与座孔间的配合松动，使轴承外圈与轴承座间进一步磨损而损坏。对此，修理中常用“冲眼”或“包皮”进行处理，这样不但解决不了问题，反而会加深损坏程度。比较妥善的办法是将轴承外圈搪上一层焊锡，并把轴承座前的空挡（没有磨损部位）刮削扩大至磨损部位的直径，

然后装入轴承使用。若磨损严重时，则必须车去2.5～3mm直径，再镶套使用。当然最好更换新轴承。

2. 电枢风叶松动的处理方法

电枢风叶是用作电动机内部散热。目前主要用塑料压制或铝合金铸成，以过盈配合压进轴上。电枢重绕时，为了便于嵌绕，通常都把风叶退出，拆卸次数多了就会造成配合面磨损而产生松动，运转时就发出噪声，严重时还可能碰壳而造成机械损坏。因此，每次修理时也应检查风叶。检查的方法是用两手分别握住电枢铁心和风叶，并稍用力相对旋转，以不动者为正常；若转动，可将其退出，在电枢嵌线之前上车床对轴的配合段进行滚花处理，电枢重绕后再将风叶装配上原位。

（三）电钻电动机的重绕修理特点

单相电钻电动机重绕修理可参阅本章第四节串励电动机修理有关内容，重绕计算参数可参考电动工具修理进行选择。由于生产厂家很多，为适应某种性能而需改变数据，重绕时应查明绕组原始数据，对照参数的允许值酌情选用。

表 1-57 单相电钻电动机用轴承的型号规格

型号	单列向心球轴承型号				管型滑动轴承尺寸/mm		
					铜套外径	铜套内径	铜套长度
J1Z—6	202	E27	E29	—	$\phi8^{+0.035}_{+0.005}$	$\phi12^{+0.075}_{+0.040}$	$9^{-0.20}_{-0.30}$
					$\phi5^{+0.025}$	$\phi7.5^{+0.055}_{+0.030}$	17 ±0.20
J1Z—10	200	203	E29	—	$\phi8^{+0.035}_{+0.005}$	$\phi12^{+0.075}_{+0.040}$	10 ±0.30
					$\phi10^{+0.055}_{+0.025}$	$\phi13.5^{+0.055}_{+0.035}$	12 ±0.30
J1Z—13	200	201	203	—	$\phi8^{+0.055}_{+0.025}$	$\phi11^{+0.055}_{+0.040}$	12 ±0.35
					$\phi12^{+0.18}_{+0.13}$	$\phi16^{+0.075}_{+0.040}$	12 ±0.35
J1Z—19	203	205	60202	60201	$\phi12^{+0.18}_{+0.13}$	$\phi16^{+0.075}_{+0.040}$	18 ±0.30

表 1-58 单相磁座钻电动机和电磁机构的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机各种故障现象	参见表1-56电钻电机常见故障处理	
2	电磁吸盘无吸力	1. 电磁吸盘励磁线圈断路 2. 整流电源断路或短路 3. 接触器线圈短路或断路 4. 接触器触头烧蚀或移位 5. 整流电路电容器短路	1. 检修故障点或重绕 2. 检修开关、熔丝、整流元件、线路故障点 3. 检修或更换线圈 4. 调整修磨或更换触头 5. 更换电容器
3	开机熔丝爆断	1. 吸盘线圈接线短路 2. 整流元件、电容器短路 3. 接触器线圈短路 4. 线路或指示灯灯头短路 5. 接触器触头故障同时闭合经桥式整流元件形成短路	1. 检修故障点或重绕 2. 更换新配件 3. 检修重绕或更换 4. 检修故障点 5. 检修故障、修磨触头或更换接触器

（续）

序号	故障现象	故　障　原　因	处　理　方　法
4	电磁吸盘吸力不足	1. 电源电压低 2. 整流元件坏，全桥整流处于半桥工作状态 3. 整流电路电容器泄漏 4. 接触器触头接触不良 5. 线路有轻微短路、接地 6. 吸盘线圈有部分短路、断路 7. 吸盘线圈重绕参数或接线错误	1. 加装稳压器或检修电源故障 2. 更换损坏整流元件，恢复全波整流 3. 更换电容器 4. 检修调整触头 5. 检修故障点加强绝缘 6. 检修故障点加强绝缘或重绕 7. 调整参数重绕或纠正接线
5	电源断电，电磁吸盘即失去吸力	1. 蓄电池电压不足或无电 2. 直流电源开关接触不良 3. 接触器直流电源触头接触不良 4. 保护器电源插头接触不良 5. 桥式整流器极性接反或元件坏 6. 逆变电路变压器断路或三极管损坏	1. 参见序号7项处理 2. 检修或更换开关 3. 检修调整触头 4. 检修或更换插头座 5. 纠正接线或更换元件 6. 重绕变压器或更换三极管
6	电源断电，电磁吸盘正常，但蜂鸣器不响	1. 蜂鸣器线圈断路 2. 蜂鸣器插头接触不良 3. 蜂鸣器降压电阻断路	1. 更换蜂鸣器 2. 检修或更换插头座 3. 更换电阻
7	蓄电池电压不足或无电压	1. 电解液密度不符 2. 极板短路或老化 3. 电极接头氧化不导电 4. 充电电源长期失电压或没有定期充电 5. 充电电路变压器、二极管损坏	1. 按规定密度调注电解液 2. 检修更换极板或更换蓄电池 3. 清除氧化层再用砂纸磨净 4. 检修电路、元件故障或进行定期充电 5. 重绕变压器或更换整流二极管

三、单相磁座钻电动机的故障检修

磁座钻又称吸附电钻，它用普通电钻固定在磁座机架的滑动拖板上，机架由电磁吸盘、回转装置和进给装置三部分组成。

电磁吸盘由直流电供给，回转机构通过转盘套在吸盘中心轴上，并由于轮轴转动齿轮，带动与滑动拖板连接一体的齿条使电钻随拖板上下运动进行钻削加工。

单相磁座钻电动机和电磁机构的常见故障及处理见表1-58。

四、单相剪切电动工具电动机的故障检修

单相剪切电动工具包括电剪刀、电冲剪及电动锯等，是对切割机床不便加工的大面积金属板材的局部剪切加工，或用气割难以加工的如不锈钢等不含碳的合金型钢进行切割加工。具有携带方便，操作简单，使用灵活，保证质量等优点。

单相剪切电动工具也由串励电动机作动力，通过齿轮减速，由偏心轮推动机头的往复运动进行切割加工。

剪切电动工具的机头要求灵活可靠，刀具刃口锋利，刀刃间隙依据加工件材料随时调整合适；同时又要求齿轮减速传动及往复运动机构保持灵活、清洁、完好，才能确保加工质量。剪切电动工具传动机构的常见故障及处理方法见表1-59，其电动机的常见故障可参见表1-56单相电钻电动机故障处理。

表 1-59 单相剪切电动工具电动机和传动机构的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机各种故障现象	参见表 1-56 电钻常见故障处理	
2	锯条或工件振动	1. 导轮未靠紧锯条背部 2. 底板未贴平工件表面	1. 调整底板，使导轮紧靠锯条背部 2. 纠正贴平工件表面
3	齿轮箱外壳发热	1. 齿轮箱内润滑脂变质或严重缺油 2. 传动齿轮严重磨损 3. 传动机构有卡阻 4. 切割进给量或速度过多、过快	1. 清洗后更换优质润滑油脂 2. 更换传动齿轮对 3. 检修排除卡阻 4. 改进适当进给量与速度
4	工具外壳带电	1. 电动机绕组绝缘破损 2. 绝缘受潮或线路局部泄漏 3. 没有妥善接地线保护	1. 检修加强绝缘 2. 检修更换导线或烘干处理 3. 加接保护接地线

五、单相砂磨类电动工具电动机的故障检修

单相砂磨类电动工具有手提砂轮机，直向、角向专用电磨、抛光机及砂磨切割机等。电动砂磨、抛光机是高速表面切削加工工具，一般分单相和三相两类。单相由单相串励电动机驱动，它具有转速高，重量轻和较软的工作特性并有过载自动保护性能等优点，但工作效率不高。

砂磨类电动工具除手提式工具与电动机组装外，一般采用单轴伸或双轴伸电动机直接驱动，结构相对简单些。砂磨工具因工作环境尘屑飞扬密布，除故障修理外，每年应进行 1 ~ 2 次定期保养检修。检修项目包括如下：

（1）拆卸解体，清除内部积累尘屑、油污；

（2）检查清洗或更换磨损轴承，加注新润滑油；

（3）检查调整电刷与换向器的接触配合情况，及时更换电刷及修磨换向器；

（4）检查各部位绝缘强度，必要时作烘干处理或补强绝缘。

砂磨类电动工具没有齿轮变速机构，故相似串励电动机单机运行，其故障检修可参见本章第四节有关内容。

六、单相装配类电动工具电动机的故障检修

单相装配类电动工具有电动螺丝刀、电扳手等。其基本结构与电钻相似，但增加了冲击、过扭离合机构和电机正反转控制装置。因为电动螺丝刀与电扳手的工作头在紧固螺丝或螺帽到最后冲击旋紧瞬间，要求立即反转脱离传动机构，以免扭损加工件及操作者。这是装配电动工具不同于电钻的特殊结构，也是容易产生故障的机构。

工作头的离合机构有滚珠螺旋槽冲击式和牙嵌式安全离合器两种结构。电动机正反转向的控制电路如图 1-108 所示。

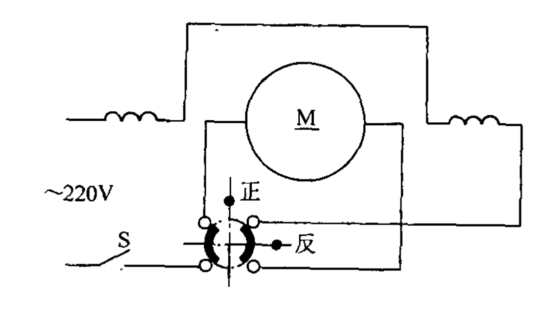


图 1-108 装配类电动工具正反转控制电路

装配类电动工具电动机的故障可参见表 1-56 电钻电动机处理；其特殊机构常见故障见表 1-60。

表 1-60　单相装配类电动工具电动机和特殊机构的常见故障及处理

序号	故障现象	故 障 原 因	处 理 方 法
1	电动机不转等故障现象	1. 参见表 1-56 电钻电动机故障处理 2. 倒顺开关接触不良	检修或更换开关
2	工作头起动即停转	1. 主动轴人字槽有毛刺或杂物将冲击块卡死 2. 滚珠螺旋槽冲击机构的滚珠脱落 3. 滚珠胀簧弹性失效	1. 冲击块拆下清除毛刺或杂物，再用砂布打磨清除残屑 2. 配装滚珠 3. 更换弹簧
3	工作头扭矩不足	1. 从动冲击块磨损打滑 2. 工作弹簧张力降低	1. 按易损零件图加工更换 2. 更换弹簧
4	工作头剧烈振动	1. 推力轴承滚珠碎损、脱落 2. 主轴小头断裂	1. 更换轴承 2. 按易损零件图加工更换
5	工作头只能单转向	1. 倒顺开关接触不良或损坏 2. 倒顺开关接线松动或脱焊	1. 检修或更换开关 2. 重新焊接
6	工作头无规律断续运转	1. 电源开关接触不良 2. 电动机电刷接触不良或配合过紧 3. 倒顺开关接触不良	1. 检修或更换开关 2. 修磨电刷或改善配合 3. 检修或更换倒顺开关

七、单相木工电动工具电动机的故障检修

木工电动工具的电动机有三相、单相及中频三相电动机。采用单相串励电动机的木工电动工具有电刨、电圆锯和电动磨光机等，适用于木材、木器具粗加工锯刨木材，以及精加工开锯接榫或刨光木料，工效高，质量好，大大减轻劳动强度。

木工电动工具由电动机、传动机构、工作头刃具（圆锯片、组合刨刀、细砂轮）及保护罩等组成，结构紧凑，而电动机基本上独立安装，保养检修较为方便。

单相木工电动工具电动机和传动机构的常见故障及处理方法见表 1-61。

表 1-61　单相木工电动工具电动机和传动机构的常见故障及处理

序号	故障现象	故 障 原 因	处 理 方 法
1	电动机各种故障现象	参见第四节串励电动机修理	
2	电动机运转，但刃具不转	1. 主轴断裂 2. 传动轴键销切断 3. 圆锯变速箱齿轮有断齿 4. 电刨传动皮带松滑或脱落	1. 加工更换主轴 2. 重加工键销 3. 更换齿轮 4. 安装调整传动皮带适度配合
3	电动机、刃具均停转	1. 工件进给量及推压力过大 2. 木碎料卡阻	1. 适当减少进给量和推压力 2. 排除卡阻物检修
4	工具运行时振动大	1. 刃具磨钝或松动 2. 刀轴上锯刃或刨刀宽度不一致 3. 电刨刀轴固定螺丝规格不一致，有埋头凸出 4. 圆锯齿轮箱安装配合不良或有部分零件磨损松动 5. 电刨传动皮带过紧	1. 修磨或更换刃具并紧固 2. 修磨或调整刃具 3. 更换统一规格螺丝，使埋头平贴 4. 改进配合，更换磨损零件紧固 5. 调整适当配合

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
5	电动机、工具外壳发热	1. 刃具磨钝增加切削阻力 2. 木屑卡阻 3. 切削工件进给量过大或过快而增加电动机负载 4. 轴承损坏或严重缺油发热波及工具壳体	1. 修磨或更换刃具 2. 清除木屑 3. 减少切削进给量或减慢推进速度和压力 4. 检查清洗轴承或更换轴承并加注新润滑油
6	空载转速不正常，负载时停转	1. 圆锯齿轮变速传动机构装配不良 2. 转轴断裂或齿轮齿损坏	1. 校正重新调整轴线精细装配 2. 更换转轴或齿轮
7	工具运行时有异噪声	1. 圆锯齿轮箱内混入杂物 2. 圆锯齿轮箱有个别齿轮断齿 3. 传动机构有零件严重磨损 4. 电刨前后底板安装不平或松动 5. 电刨刀刃磨钝严重 6. 电刨传动带过紧 7. 木屑料有卡阻	1. 去除杂物后清洗重加新润滑油 2. 更换新齿轮 3. 更换损坏零件 4. 调整重新安装紧固 5. 修磨或更换刨刀 6. 调整传动带适当配合 7. 检查清除卡阻原因
8	工具空载时转速慢	1. 电源电压过低 2. 传动机构装配不良 3. 传动机构有零件损坏 4. 电动机电枢绕组局部短路	1. 加装稳压器 2. 检查重新装配 3. 更换损坏零件 4. 参见序号1项检修
9	工具负载时转速变慢	1. 工件进给量过大 2. 刃具磨钝或松动 3. 选用刨削参数不适当 4. 电刨传动带过松	1. 减少进给量 2. 修磨更换刃具或紧固 3. 根据加工木料材质正确选用刨削量 4. 调整传动带配合或换新传动带
10	工件加工质量差	1. 电刨刨刀刀刃磨钝 2. 刀刃调整不良，刀刃切削深度不一致 3. 电刨前后底板不平 4. 圆锯刃口磨钝	1. 修磨或更换刨刀 2. 调整对准刃口使各刃口切削量一致 3. 调整研磨底板，使前后底板同一水平面 4. 修磨刃口或换圆锯

八、单相农牧类电动工具电动机的故障检修

农牧类电动工具有剪毛机、采茶机及改土电钻等，但应用较普遍的是剪毛机。它是机械化剪取羊、骆驼等畜毛的高效电动工具。电动剪毛机有软轴式、直动式和中频式几种，而软轴式与中频式须配套专用汽油发电机-电动机组带动，适宜野外牧场就地操作；直动式可由电网供电的单相串励电动机驱动。

直动式剪毛机工作结构由传动、加压及剪切机构组成，工具外壳是塑料构件，轻便灵活，安全可靠，工效高，剪毛率也高。

九、单相建筑类电动工具电动机的故障检修

建筑类电动工具有单相和三相。单相有冲击式电钻、电锤以及插入式混凝土振动器和湿式磨光机等。

冲击式电钻、电锤的冲击机构是最容易发生故障的部位。当冲击式电钻的固定冲子与活动冲子V形槽凸起部分磨损，或者冲击式电锤冲击棒连接的活塞与汽缸磨损，不仅工作效率降低，而且导致冲击活动可能卡阻。所以发现活动元部件磨损、卡阻严重时，

应及时检修或更换新配件。插入式混凝土振动器的常见故障是软轴与工作头振动棒的偏心轴卡阻。以上三种电动工具的电动机和传动结构同普通电钻基本相似，只是冲击、振动机构是特殊差异。

表 1-62　单相插入式混凝土振动器电动机和振动机构的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机各种故障现象	参见表 1-56 电钻电动机故障处理有关内容	
2	电动机运转，工作头不振动	1. 软轴折断 2. 振动棒内轴承锈蚀或损坏 3. 偏心轴腔有杂物卡阻 4. 软轴连接机构的键销松脱	1. 检修或更换软轴 2. 更换轴承 3. 清除卡阻物 4. 重加工键销
3	泥水进入振动棒体内	1. 不按规定操作 2. 密封圈损坏	1. 按规定操作，插入深度不能超过规定值 2. 更换密封圈，再在压盖螺丝上涂覆防水胶
4	操作时麻电	1. 保护接地线断路或不合格 2. 电动机或导线绝缘长期受潮或破损碰壳	1. 检修可靠接地，接地电阻应不大于 0.25Ω 2. 烘干处理，检修更换故障导线；使用前应用摇表检测电机绝缘电阻大于 2MΩ

表 1-63　单相冲击式电锤电动机和冲击机构的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机各种故障现象	参见表 1-56 电钻电动机故障处理有关内容	
2	电动机运转，工作头不动作	1. 冲击头卡阻 2. 冲击头材质软而变形 3. 冲击头与冲击杆端面磨损 4. 连杆折断	1. 检修卡阻故障 2. 更换合格冲击头 3. 更换新配件 4. 更换连杆
3	工作头只冲击不旋转	1. 冲击头端面齿部磨损打滑 2. 冲击杆被卡阻 3. 被冲击混凝土内有钢筋卡阻	1. 更换新配件或修磨 2. 检修卡阻故障 3. 用力退出
4	工作头只旋转不冲击	1. 冲击杆卡阻 2. 钻杆太长或推压力过大 3. 装配工艺不良	1. 检修卡阻故障 2. 更换钻杆或改进操作方法 3. 重新精工装配
5	电锤前端法兰盘发热	1. 操作不当使冲击孔歪斜卡阻冲击杆 2. 冲击杆活动受阻或杆头损坏 3. 活塞与缸壁间磨损或缺油 4. 轴承缺油或油质不良 5. 轴承损坏或严重磨损	1. 改进操作方法 2. 检修或更换冲击杆 3. 检修搪缸或换新活塞，加注新润滑油 4. 清洗后加注新油 5. 更换轴承
6	操作时麻电	1. 保护接地线断路或不合格 2. 电动机或导线绝缘长期受潮或破损碰壳	1. 检修可靠接地，接地电阻应不大于 0.25Ω 2. 烘干处理，检修更换故障导线；电动机烘干后用摇表检测绝缘电阻应大于 2MΩ

湿式混凝土磨光机的结构同砂磨类电动工具相似，只是电动机和工作头砂轮的安装、操作方式不同而已，其电动机故障可参见第四节。

单相插入式混凝土振动器电动机和振动机构的常见故障及处理方法见表 1-62；单相冲击式电锤电动机和冲击机构的常见故障及处理方法见表 1-63。

十、单相医疗用电动工具电动机的故障检修

医疗用电动工具常见的有牙钻、石膏电锯、电动骨钻和电动胸骨锯等。这些医疗用电动工具基本上都是借鉴手电钻功能改型设计而成。另外，病床、牙科手术椅升降装置是利用电动机驱动齿轮变速传动机构操作，这就不属电动工具，而属于电动装置。

牙钻是由一台单相串励电动机或单相电容电动机通过软轴带动牙钻头或牙磨具旋转操作，由脚踏板式按钮开关控制电动机电源。这种牙钻的故障主要在电动机和软轴传动机构。

另有一种牙钻的电动机装在可旋转立柱的悬臂上，也是用脚踏板式按钮开关控制电动机运行，电源通过立柱内的两个平面导电环及弹簧接触指接通。由于频繁接触并转动摩擦，导电环与弹簧容易磨损或折断，而且弹簧经常处于通电状态，长期发热后也容易变形、失效或折断，都会引起电源断路故障。

以上两种牙钻的串励电动机均采用竖立安装，其电枢轴端常有一颗钢珠支承，保养、检修装配时均应注意复位。否则漏装后电枢相对位置下沉，轻者不能起动，严重时将造成换向器短路而冒烟烧毁。

石膏电锯的电动机、开关装置、机壳等结构基本上与 6mm 电钻相似，只是由于需要往复摆动的切割方式，其工作头的结构就与电钻有所差异，常见故障除电动机外，重点在工作头的摆动机械机构的磨损与卡阻。

电动骨钻和电动胸骨锯的结构也同手电钻与石膏电锯类似。以上几种单相医疗用电动工具除特殊机构故障外，有关电机故障检修均可参见本章第二、四节同类电动机修理内容。

第七节　提高单相电动机修理质量

一、确保重绕电动机性能的措施

（一）严格控制重绕参数

电动机重绕参数正确与否与重绕质量有密切关系。所以，拆线时必须做好原始参数记录，单相电动机可按表 1-64 或表 1-65 记录。

一般来说，如果电动机是第一次损坏，电动机必须严格按绕组的原始数据重绕（除非用户提出特殊的改性要求）。在计数线圈匝数时，应同时多数计几只线圈以资核对，特别是同心式线圈，一定要数清各线圈匝数来判断是否正弦绕组。

对已修理过的电动机，也必须记录原始数据，以便根据型号查阅资料，作出对照比较以确定合理的重绕方案。

表 1-64　单相电动机重绕原始数据记录　　　　编号：________

型　号			功　率		转　速		绝缘等级	
电　压			电　流		型　式		极　数	
定子铁心 /mm	外　径		轭　高					
	内　径		齿　宽		槽形尺寸： b_1　h'_s　R　b_1　h'_s　b_2			
	叠　厚		槽　数					
绕组型式		节　距	线径/mm	线圈匝数				
主绕组								
调速绕组								
副绕组								

(续)

电容器容量(μF)		工作电压(V)		备注:
绝缘试验	主绕组对地	MΩ		
	副绕组对地	MΩ		
	主副相间	MΩ		
	耐压(1min)	kV		
完工日期		修理人		
检验日期		检验		

表 1-65 单相串励电动机重绕数据记录 编号: ______

型号			功率		转速		绝缘等级	
电压			电流		型式		极数	
电枢铁心	外径		叠厚		槽形尺寸			
	轭高		齿宽					
	换向片数		槽数					
	极数							
定子铁心	外径		叠厚					
	内径		极宽					
	轭高		极高					
电枢绕组	绕组型式		线规					
	线圈匝数		线圈数					
	每槽线圈边数		节距	y_k = y_1 = y_2 =	备注:			
	焊头位置	(注)						
定子绕组	线圈数		线规					
	线圈匝数		接法					
完工日期			修理人					
检验日期			检验					

注:焊头位置有"正对"与"偏对"接法。正对是指电枢槽中心线与换向片中心线重合,如图 1-106 所示;偏对是电枢槽中心线与换向器的云母片中心线重合,如图 1-105 所示。焊接位置项可记作"偏对向右一片或二片"。

（二）合理调整重绕参数

由于电动机性能与各参数有相当复杂的连锁关系，当绕组参数发生误差时，可能影响电动机的运行性能，甚至不能正常工作。因此，在绕组未浸漆前先进行空载和制动（堵转）试验，并根据具体缺陷，参照本章第二节表 1-35 进行参数调整。

（三）采用正确的重绕工艺

1. 旧线圈的拆除

拆除旧线圈的最好办法是采用专用工具拉拔。一般要先将线圈一端贴着铁心槽口整齐切断，然后用专用的拆线机在另一端把线圈拉出。但对短型铁心（叠厚约为内径 80% 以下）也可将铁心垫好，用与槽形相似但截面略小的冲子把线圈打出。对叠厚较大的电动机则不宜采用冲打法退线，也不宜用碱液浸煮腐蚀法。如无专用工具，则可将电动机加热后从槽口退出线匝，但加热温度不得超过 250 ℃。切忌用火直接烧烤。

2. 铁心滑槽与修整

定子槽内杂物必须清理干净，清理时清槽刮钩要将粘附在槽壁的残留绝缘纸刮出。但操作不要用力过猛，以免形成毛刺造成铁心硅钢片短路，或端部叠片松散张开而使铁损增加。若槽口变形，可用专用工具进行校正；对松开的端面冲片槽齿，可涂上绝缘漆后压平烘干。

如果铁心冲片损坏，要用相同规格的冲片更换，以保持电动机功效因数不致降低。

3. 线圈的绕嵌

线圈必须按正确的型式和参数绕制，线模设计时，要在不影响嵌线的条件下尽量缩短线圈端部，以减少杂散损耗。另外，为使嵌线顺利，线圈绕制时要拉力均匀并排列整齐。

线圈嵌入前要进行有效边线匝疏理顺直，以避免槽内导线交叉而形成匝间短路的隐患。嵌线时要注意端部的整形，线圈嵌入后，使接线端伸出稍短，并注意端部整齐，然后将端部适当下压，注意组间绝缘不要走偏。

端部的整形可用橡胶锤再衬垫绝缘纸敲出喇叭口，但严禁用硬质棒、锤敲击。

4. 绝缘漆浸烘

单相电动机绕组的浸漆和烘干可参照三相低压电动机绝缘工艺进行，但对高速旋转的单相串励电枢，宜选用无溶剂环氧树脂漆浸渍，可防止电枢绕组挂漆不匀和机械强度不足而受离心力作用引起匝间短路。

（四）采用正确的装配工艺

为确保单相电动机的运行性能，应注意装配质量。

1. 定转子（电枢）装配气隙

小功率电动机的气隙一般都很小。为了确保装配后的气隙均匀，对磨损或变形的电动机端盖必须加工修正，加工工艺应确保其同心度；为避免过大的累计误差造成气隙偏心，要求端盖止口配合公差为 $^{+0.03}_{+0.06}$mm。此外，装配后的定子和转子（电枢）铁心应对齐，以免空载电流增加。

2. 轴承装配

由于单相电动机功率较小，机械摩擦损耗也是影响电动机效率的明显因素之一，因此，滚动轴承必须完好无损，转动灵活自如。配装时宜用均匀压入法，内孔与轴的装配过盈量不宜过大，外圈外轴承座孔配合则不宜过松，以能滑移合适。轴承润滑脂必须纯净清洁，添加量要适宜。

家用电器的电动机轴承常用含油滑动轴承，可避免过大的噪声。其装配松紧不易量度测定，因此，对如电风扇等小功率的电动机轴承，装配时可采取下面的检验方法：将轴承套入轴上，当转轴垂直时，轴承应不会自行滑下，但用手一碰即能移动为配合公差适宜。

二、降低单相电动机能耗的措施

由于家电普及，生活用电的消耗已占能耗中的一定比例，家用电动机节能具有很大经济意义。因此，在单相家用电动机修理中，如何采取节能措施也是电修工作的一项任务。通常采用的节能措施有：

（一）降低电动机损耗

降低损耗是提高单相电动机效率的主要途径。其具体方法是：

1. 采用新型绝缘材料

由于新型绝缘材料的耐温等级提高，其绝缘厚度可相对减小，线径相应增加，电流密度和绕组直流电阻也相应减小，从而也降低电动机的铜耗。目前，国外已采用 F 级标准绝缘材料替代 B 级绝缘材料，我国则实施普用 B 级绝缘，但修理中可选用 MDB 复合槽楔取代竹楔，以保持槽满率不变的前提下增加导线截面积，同样可使铜耗降低。

2. 合理提高铁心磁密值

如有条件，最好通过铁心质量鉴定试验，充分地利用铁心材料的电磁性能，合理提高磁密值，使每相

绕组串联匝数相应减少，以降低铜耗。但随之而来会引起铁损增加和功率因数下降，故要权衡得失实施。

3. 合理缩短线圈端部尺寸

电动机绕组线圈端部是槽中有效边的连线，其长短对电磁交换性能虽没有影响，但端部长则线圈电阻增大，铜耗增加。因此，在不影响嵌线困难的前提下，尽量缩短线圈端部，既减少铜耗，又提高效率。

4. 选用先进的绕组型式

正弦绕组的绕组系数较高，性能优越，重绕时改用正弦绕组方案，可在减少串联匝数的同时，增加线径，从而降低铜耗。此外，当每极线圈数较少时，也可采用缩短节距的特殊布线型式，如单双层混合同心式、非正交布线式等，都可使线圈电阻减小而达到降低铜耗的目的。

（二）变速节能

单相电动机应用于风扇或通风机时，具有转矩与转速平方成正比；功率与转速立方成正比的特性，一般采用特殊的降压调速运行，也能达到降压节能。因此，重绕时可考虑对单速的电扇改绕成节能调速电扇。

电扇的调速方式有多种。一般来说，采用抽头式调速除可降压节能外，还有无须附加其他部件及用料最省等优点。主绕组串并联调速比抽头调速的节能效果更好，但导线截面积要细一半而匝数多一倍，使线材成本与工艺相应增加，而且使用的调速开关尚未有通用产品。串联双电容的调速线路最为简单，节能效果也较好，但改制成本较高。

（三）罩极电动机的改绕节能

罩极电动机结构简单，造价低廉，所以早年的家用电器如吊扇、鼓风机等都采用这种型式。但由于罩极电动机的起动绕组在运行中始终处于短路状态，使运行电流增加，效率很低。为此，对多极吊扇及分布式绕组的罩极电动机重绕时，可考虑去除短路线圈，改绕为电容电动机。改绕数据可参考原绕组的电磁参数及铁心进行计算。对分布式罩极电动机改为正弦绕组后，无论运行性能及节能效益都会得到较好的效果。但改绕后必须增配分相电容器。

（四）降低机械损耗

1. 减少机械摩擦损耗

主要是改善轴承的润滑条件，通常是选用优质轴承润滑脂，如采用#2 锂基脂，并严格控制润滑脂的注加量，即添油量为轴承室的 1/2（二极电机）～2/3（四极以上电机）。

2. 减少风摩损耗

对单相串励电动机等带有自扇散热的老式风扇，若电动机是单转向工作的，可改用比原来小一号的螺旋式新型风叶，也可降低电动机若干风摩损耗而提高运行效率。

三、改进修理工艺和装备

（一）改进浸漆工艺技术

电动机绕组常用 1032 三聚氰胺醇酸漆进行绝缘浸渍。由于漆中含有 50% 以上的溶剂，干燥过程会污染环境，而且烘燥周期长，浪费电力能源。另外，对高转速的电枢转子，这种漆的机械强度不足，因此在电动机修理中对电枢绕组宜用无溶剂漆滴浸的新工艺。

无溶剂滴浸工艺的优点：

（1）减少环境污染，改善劳动条件；

（2）挥发物极少，可采用加热效率较高又耗电省的绕组通电加热干燥工艺；

（3）绝缘处理周期短，生产效率高，节能效果显著；

（4）渗透性好，流失率低，便于实施自动化浸渍工艺；

（5）机械强度高，适宜高转速的单相串励电枢采用。

无溶剂漆浸渍工艺可见本章第四节叙述。

（二）改进电动机修理专用工具

单相和家用电动机的壳体及端盖都较单薄，特别是用机械强度较低的铝质外壳时，采用不正确的拆装方法都会造成壳体或端盖变形。所以检修中要使用专用工具拆装，尽量避免敲打。

一般电修工具多为检修较大电动机而设计的通用工具，对小型和微电机装配的适应性较差，故可设计一些简单的专用工具。例如，拆卸电动机管形轴承时，可参考电扇修理中的一些简易工具选用；其他拆装则根据具体情况进行改进，或制作出适合的专用工具。

（三）装备简易仪器进行检测

由于单相及家用电动机的修理一般都缺乏成套的检测设备，为保证检修质量，通常须自制一些简易的检测仪器作为质检手段。下面介绍几例，以供参考。

1. 单相电动机绝缘耐压简易测试器

测试器线路结构如图 1-109 所示。试验电压经两级变压器调升后可高达 2000V。检测时输出端 E 接地（电动机金属外壳），L 端接被测试的电动机绕组；将调压器 TV 旋臂置于“0”位，合上开关后起动接触器 KM，缓慢调升电压至规定的耐压值，并停留 1min；然后按相反的程序断开电源。

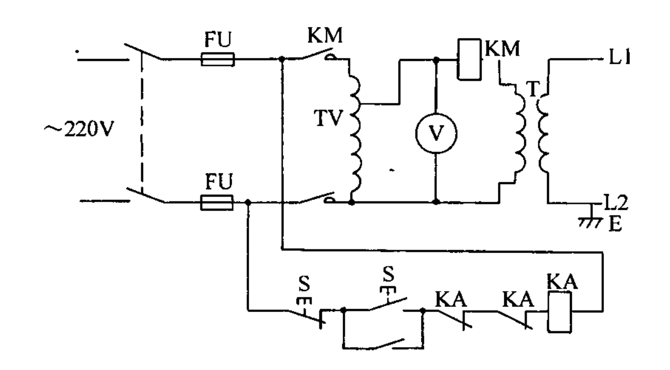


图 1-109 电动机绝缘耐压简易测试器线路
FU—熔断器 KM—交流接触器 KA—电流继电器 E—输出接地端 V—交流电压表（用 250V 电压表改制表面刻度盘为 2500V 读数） TV—调压器 T—升压变压器（250/2500V）

这种简易测试器使用方便，结构简单，一般电修部门都可自行装配制作。

2. 电容漏电测试器

电容漏电情况常用万用表估计。但由于单相电动机所用的电容器电压较高，用表内低压电池测试不能真实地反映漏电情况。这时可用图 1-110 所示的电容漏电测试器进行检测。

检测时将电容器接入 J_1、J_2 端，再分别接通电源及检测开关 S_1、S_2，氖管向电容器 C_J 充电并发出辉光，随着电容器端电压上升，氖管端电压则下降，直至熄灭而停充。但电容器则通过自身的漏电电阻放电，当端电压降低的同时，氖管电压回升，当电压超过起辉电压，氖管又重新辉光。如此反复闪烁。如漏电愈严重，其闪烁频率也愈高。

调试前，可先用各种规格的标准电容器接入试测，将闪烁周期的时间列成表格，备作检测时对照。

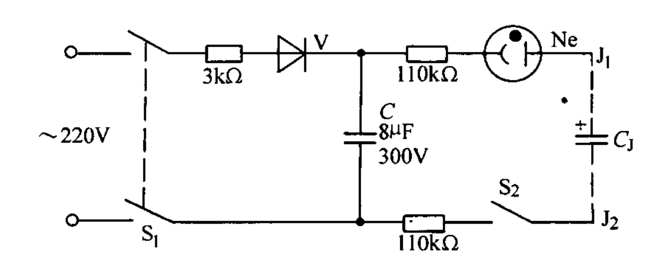


图 1-110 电容漏电简易测试器线路
Ne—氖管 V—二极管，100μA，600V C_J—被测电容器 S_1—电源开关 S_2—测试开关

当被测电容器的闪烁周期较标准周期缩短 30% ~ 50% 时，可认为此件不宜使用。

3. 电容器容量测算器

电动机分相电容器使用日久变值失效或铭牌脱落，可用图 1-111 的线路进行测算。测试时将电容器接于 J_1、J_2 端，合上电源开关后，按下点动按钮 S，并同时读出电流表和电压表数值，随即断开电源。然后由下式算出电容器实际容量：

$$C_J = 3180 \frac{I}{U} \quad (\mu F)$$

式中 I——交流电流表读数，A；

U——交流电压表读数，V。

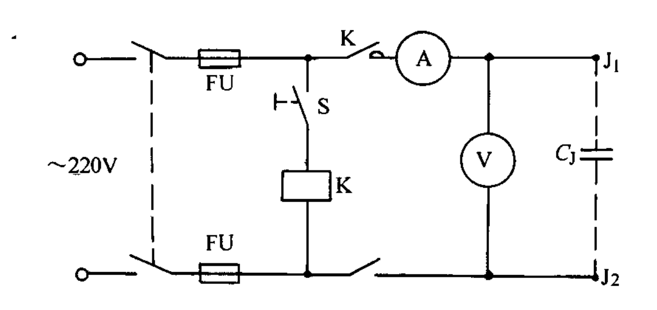


图 1-111 电容器容量测试器线路
FU—熔断器 S—点动按钮 K—继电器（220V，10A） C_J—被测电容器

当电容器的实际容量小于铭牌值的一半时，说明该电容器已失效，应予换新电容器。

附　　录

附表 1-1　JX 系列单相电容运转异步电动机性能及铁心、绕组数据

型　号	功率/W	满载电流/A		转速/(r/min)	电压/V	定子铁心 mm				气隙 mm	槽数		主绕组				副绕组				电容器	
		主绕组	副绕组			外径	内径	轭高	叠厚		定子	转子	线径/mm	匝数	节距	线重/kg	线径/mm	匝数	节距	线重/kg	容量/μF	电压/V
JX07A-2	90	0.7		2850	220	94	48		45	0.28	18										10	
JX07B-2	60	0.45							36												6	
JX07A-4		0.48		1400					45	0.23											8	
JX07B-4	40	0.38							36												6	
JX06A-2		0.226	0.198	2820		84	42	11	45	0.25	16	10	0.27	240 204 136	1—8 2—7 3—6	0.15	0.27	240 204 136	5—12 6—11 7—10	0.15	2	240
JX06B-2	25	0.162	0.149						35				0.23	308 262 175		0.13	0.23	308 262 175		0.13	1.5	245
JX06A-4		0.447	0.252	1350					45					206 206	1—5 2—4	0.12		206 206	3—7 4—6	0.12	2.5	265
JX06B-4	15	0.225	0.157						35				0.20	300 300		0.11	0.20	300 300		0.11	1.5	275
JX05A-2		0.197	0.159	2750		71	36	8	42					290 250 166	1—8 2—7 3—6	0.10		290 250 166	5—12 6—11 7—10	0.10	1.0	234
JX05B-2	8	0.105	0.073						30				0.15	440 376 252		0.068	0.15	440 376 252		0.068	0.75	237
JX05A-4		0.207	0.115	1300					42				0.18	570	1—4	0.10	0.19	656	3—6	0.11	1.0	262
JX05B-4	4	0.149	0.112						30				0.16	800		0.08	0.15	800		0.071	1.0	

附表 1-2　JY 系列单相电容起动异步电动机性能及铁心、绕组数据

<table>
<tr><th rowspan="3">型　号</th><th rowspan="3">功率
/W</th><th colspan="3">电流/A</th><th rowspan="3">转速
/(r/min)</th><th rowspan="3">电压
/V</th><th colspan="4">定子铁心</th><th rowspan="2">气隙</th><th colspan="2">槽数</th><th colspan="4">主绕组</th><th colspan="4">副绕组</th><th colspan="2">电容器</th></tr>
<tr><th rowspan="2">满载</th><th rowspan="2">空载</th><th rowspan="2">起动</th><th>外径</th><th>内径</th><th>轭高</th><th>叠厚</th><th rowspan="2">定子</th><th rowspan="2">转子</th><th rowspan="2">线径
/mm</th><th rowspan="2">匝数</th><th rowspan="2">节距</th><th rowspan="2">线重
/kg</th><th rowspan="2">线径
/mm</th><th rowspan="2">匝数</th><th rowspan="2">节距</th><th rowspan="2">线重
/kg</th><th rowspan="2">容量
/μF</th><th rowspan="2">电压
/V</th></tr>
<tr><th colspan="5">mm</th></tr>
<tr><td>JY2A-4</td><td>800</td><td>6.85
6.70</td><td>4.65
4.35</td><td></td><td rowspan="2">1440</td><td rowspan="9">220</td><td rowspan="2">160</td><td rowspan="2">95</td><td rowspan="2">13.5</td><td>88</td><td>0.315</td><td rowspan="2">36</td><td rowspan="2">42</td><td>1.25</td><td>32,30
22,12</td><td rowspan="2">1—9
2—8
3—7
4—6</td><td>1.48</td><td>0.90</td><td>14,26
20</td><td rowspan="2">5—14
6—13
7—12</td><td>0.492</td><td rowspan="2">400</td><td>122</td></tr>
<tr><td>JY2B-4</td><td rowspan="2">600</td><td>4.87
4.88</td><td>3.72
3.84</td><td></td><td>78</td><td>0.3</td><td>1.08</td><td>40,36
26,14</td><td>1.27</td><td>0.86</td><td>16,31
25</td><td>0.51</td><td>100</td></tr>
<tr><td>JY1A-2</td><td></td><td></td><td>28</td><td rowspan="2">2900</td><td rowspan="4">145</td><td rowspan="2">75</td><td></td><td>65</td><td></td><td rowspan="2">24</td><td rowspan="2">30</td><td>1.0</td><td></td><td rowspan="2">1—12
2—11
3—10
4—9
5—8</td><td></td><td>0.62</td><td></td><td rowspan="2">7—18
8—17
9—16
10—15
11—14</td><td></td><td rowspan="4">200</td><td></td></tr>
<tr><td>JY1B-2</td><td rowspan="2">400</td><td>3.32
3.42</td><td>2.02
2.38</td><td>20</td><td>19.4</td><td>48</td><td>0.35</td><td rowspan="2">0.93</td><td>62,58
50,38
24</td><td>1.04</td><td>0.90</td><td>50,46
40,31
19</td><td>0.72</td><td>115</td></tr>
<tr><td>JY1A-4</td><td>3.64
3.69</td><td>2.35
2.6</td><td>20</td><td rowspan="2">1440</td><td rowspan="2">85</td><td rowspan="2">12</td><td>65</td><td>0.26
0.3</td><td rowspan="2">36</td><td rowspan="2">42</td><td>52,46
34,18</td><td rowspan="2">1—9
2—8
3—7
4—6</td><td>1.04</td><td>0.64</td><td>23,44
35</td><td rowspan="2">5—14
6—13
7—12</td><td>0.348</td><td>110</td></tr>
<tr><td>JY1B-4</td><td rowspan="2">250</td><td>2.9
2.8</td><td>2.45
2.4</td><td>14</td><td>48</td><td>0.29
0.3</td><td>0.80</td><td>46,56
40,24</td><td>0.825</td><td>0.80</td><td>21,40
32</td><td>0.355</td><td>114</td></tr>
<tr><td>JY09A-2</td><td>2.4</td><td>1.65
1.7</td><td>14</td><td rowspan="2">2900</td><td rowspan="3">120</td><td rowspan="2">60</td><td rowspan="2">16</td><td>56</td><td rowspan="2">0.3</td><td rowspan="3">24</td><td rowspan="2">18</td><td>0.69</td><td>68,62
52,42
24</td><td rowspan="2">1—12
2—11
3—10
4—9
5—8</td><td>0.56</td><td>0.69</td><td>50,46
40,31
19</td><td rowspan="2">7—18
8—17
9—16
10—15
11—14</td><td>0.392</td><td rowspan="3">150</td><td>110</td></tr>
<tr><td>JY09B-2</td><td rowspan="2">180</td><td>1.8
1.82</td><td>1.3
1.36</td><td>12</td><td>48</td><td>0.68</td><td>82,76
64,50
30</td><td>0.625</td><td>0.64</td><td>48,45
39,28
19</td><td>0.308</td><td>107</td></tr>
<tr><td>JY09A-4</td><td>2.25
2.5</td><td>2.0
2.2</td><td>12</td><td>1440</td><td>70</td><td>14</td><td>62</td><td>0.25</td><td>22</td><td>0.64</td><td>46
82
46</td><td>1—7
2—6
3—5</td><td>0.52</td><td>0.59</td><td>77,48
27</td><td>4—10
5—9
6—8</td><td>0.246</td><td>105</td></tr>
</table>

注：满载、空载电流项中上值为主绕组电流；下值为副绕组电流。

附表 1-3　JZ 系列单相电容起动异步电动机性能及铁心、绕组数据

型号	功率/W	电流/A 空载	电流/A 满载	电流/A 起动	转速/(r/min)	电压/V	定子铁心 外径/mm	定子铁心 内径/mm	定子铁心 轭高/mm	定子铁心 叠厚/mm	气隙/mm	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 线径/mm	主绕组 匝数	主绕组 节距	主绕组 线重/kg	副绕组 线径/mm	副绕组 匝数	副绕组 节距	副绕组 线重/kg	起动转矩倍数 (T_{st}/T_N)
JZ1B-2	400	1.39	3.02	28	2900	220	145	75	20.25	48	0.35	24	30	0.90	72,67 57,44 28	1—12 2—11 3—10 4—9 5—8	1.12	0.44	36,32 29,22 14	7—18 8—17 9—16 10—15 11—14	0.124	1.25
JZ1A-4		2.25	3.45		1400			85	21.73	65	0.3	36	42	0.93	53,47 35,16	1—9 2—8 3—7 4—6	1.06		17,32 25	5—14 6—13 7—12	0.12	
JZ1B-4	250	2.0	2.65						20	48				0.80	66,58 42,24		0.85	0.35	25,48 39		0.10	
JZ09A-2		1.4	2.27	19	2900		120	60	14.85	56		24	18	0.69	74,69 59,45 28	1—12 2—11 3—10 4—9 5—8	0.62	0.38	43,40 34,26 16	7—18 8—17 9—16 10—15 11—14	0.11	
JZ09B-2	180	1.3	1.81	14						48				0.68	82,76 64,50 30		0.63	0.31	53,50 42,33 20		0.08	1.4
JZ09A-4		1.52	2.07		1440			71	15.9	62	0.25		22	0.64	50,68 50	1—7 2—6 3—5	0.53	0.33	33,56 33	4—10 5—9 6—8	0.092	
JZ09B-4	120	1.25	1.55	15						48				0.55	63,111 63		0.46	0.31	31,53 31		0.067	1.5
JZ08A-2		0.785	1.20	16	2820		102	58	14.1	60		18	15	0.59	128,113 84,40	1—9 2—8 3—7 4—6	0.57	0.33	32,61 50,32	5—14 6—13 7—12 8—11	0.082	1.6
JZ08B-2	90	0.555	0.93							46				0.53	171,151 112,60		0.59	0.35	33,63 52,32		0.086	
JZ08A-4		1.05	1.3		1400				10.05	60		24	22	0.51	67,116 67	1—7 2—6 3—5	0.43	0.27	36,62 36	4—10 5—9 6—8	0.061	
JZ08B-4	60	0.76	0.92							46				0.44	90,156 90		0.38	0.21	40,69 40		0.059	

附表 1-4　BO 系列单相电阻起动异步电动机性能及铁心、绕组数据

型　号	额定功率/W	电压/V	满载时				定子铁心			气隙	槽数		主绕组			副绕组			空载电流/A	堵转电流/A	副绕组的堵转电流/A	堵转转矩倍数 (T_d/T_N)	最大转矩倍数 (T_{max}/T_N)	最小转矩倍数 (T_{min}/T_N)
			电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	外径	内径	叠厚		定子	转子	线径/mm	每极匝数	绕组型式	线径/mm	每极匝数	绕组型式						
							mm																	
BO-5612	60	220	1.01	2800	42	0.64	90	48	40	0.25	18	15	0.41	520	22	0.31	227	22	0.58	8		1.8	1.8	0.8
BO-5622	90		1.19		52	0.66			48				0.47	472		0.35	179		0.72	10.5	8.4	1.7		
BO-6312	120		1.43		56	0.68	102	52	44		24	18	0.51	379			187	21	1.16	12.5	9.1	1.6		
BO-6322	180		1.95		60	0.7			56				0.59	352		0.38	-14 174	22	1.2	15.5	9.3	1.5		
BO-6332	250		2.5		63	0.72			70				0.62	270	21	0.41	125	21	1.52	20	14	1.3		
BO-7112	370		3.5		65	0.74	130	66	62				0.47	218		0.49	140		1.75	29	15.3	1.25		
BO-5614	40		1.05	1400	32	0.54	90	52	40	0.2	24	22	0.38	374	6	0.27	150	6	0.94	7	4.7	2.2		
BO-5624	60		1.28		38	0.56			48				0.41	318		0.29	126		1.06	8	5.9	2.0		
BO-6314	90		1.6		44	0.58	102	58					0.53	288		0.31	128		1.21	10.5	6.3	1.8		
BO-6324	120		1.85		50	0.59			56				0.57	248		0.33	109		1.59	12.5	7.8	1.7		
BO-6334	180		2.44		56	0.60			70				0.67	200		0.38	89		1.92	15.5	11	1.6		
BO-7114	250		3.05		60	0.62	130	72	62	0.25			0.80	161		0.41	123		2.37	20	8.1	1.4		
BO-7124	370		4.17		63	0.64			80				0.90	126			79		2.92	29	12.2	1.3		

注：1. 主、副绕组型式方案见第一章第一节表 1-7。

2. 副绕组每极匝数中的负值是反绕匝数。

附表 1-5　CO 系列单相电容起动异步电动机性能及铁心、绕组数据

型　号	额定功率 /W	电压 /V	满载时				定子铁心			气隙	槽数		主绕组			副绕组			空载电流 /A	堵转电流 /A	副绕组的堵转电流 /A	堵转转矩倍数 (T_d/T_N)	最大转矩倍数 (T_{max}/T_N)	最小转矩倍数 (T_{min}/T_N)	电容器容　量 (μF)
			电流 /A	转速 /(r/min)	效率 (%)	功率因数	外径 (mm)	内径 (mm)	叠厚 (mm)	气隙 (mm)	定子	转子	线径 /mm	每极匝数	绕组型式	线径 /mm	每极匝数	绕组型式							
CO-6322	180	220	1.95	2800	60	0.70	102	52	52	0.2	24	18	0.57	301	21	0.41	273	21	1.3	12	4.3	3.0	1.8	0.8	75
CO-6332	250		2.5		63	0.72			70	0.25			0.62	270		0.49	189		1.53	15	6.6				100
CO-7112	370		3.5		65	0.74	130	66	62				0.74	218		0.53	224		1.73	21	6.6	2.5			
CO-7122	550		4.84		68	0.76			80				0.90	159		0.62	140		2.4	29	10.5				150
CO-8012	750		6.25		70	0.78	138	74	70				0.67 0.69	146			165		3.6	37	14.7				200
CO-6334	180		2.44	1400	56	0.60	102	58		0.2		22	0.67	200	6	0.41	98	6	1.89	12	6.4	3.0			100
CO-7114	250		3.05		60	0.62	130	72	62	0.25			0.80	161			112		2.4	15	5.8				
CO-7124	370		4.17		63	0.64			80				0.90	126		0.49	131		2.9	21	7.8	2.5			
CO-8014	550		5.65		66	0.67	138	84			36	34	0.69 0.69	116	17	0.57	147	13	4.2	29	10.5				150
CO-8024	750		7.05		69	0.70			100				0.72 0.80	93		0.64	114		4.8	37	14				200

注：主、副绕组型式方案见第一章第一节表 1-7。

附表 1-6　DO 系列单相电容运转异步电动机性能及铁心、绕组数据

型　号	额定功率 /W	电压 /V	满载时				定子铁心			气隙	槽数		主绕组			副绕组			空载电流 /A	堵转电流 /A	堵转转矩倍数 (T_d/ T_N)	最大转矩倍数 (T_{max}/ T_N)	最小转矩倍数 (T_{min} /T_N)	电容器容　量 (μF)
			电流 /A	转速 /(r/ min)	效率 (%)	功率因数	外径	内径	叠厚		定子	转子	线径 /mm	每极匝数	绕组型式	线径 /mm	每极匝数	绕组型式						
							mm																	
DO-4512	15	220	0.23	2800	36	0.82	71	38	45	0.2	12	15	0.23	823	4	0.19	1258	4	0.249	1.0	0.7	1.6	0.6	1
DO-4522	25		0.32		42	0.84							0.25	698		0.20	1369		0.373	1.5				
DO-5012	40		0.45		48		80	43	35	0.25	24	18		700	26	0.19	920	25	0.38	2			0.5	2
DO-5022	60		0.55		53	0.86			46				0.29	550		0.23	778		0.474	2.5	0.5			
DO-5612	90		0.82		58		90	48	38		18	12	0.33	500	14	0.27	650	17	0.63	3.2	0.35		0.35	4
DO-5622	120		1.0		62	0.88			48				0.41	400			640		0.66	5				
DO-6312	180		1.42		65		102	54	44		24	18	0.44	341	22	0.33	510	22	1.29	7				6
DO-4514	8		0.20	1400	23	0.80	71	38	45	0.2	12	15	0.20	575	1	0.16	650	1	0.275	0.8	0.7		0.6	1
DO-4524	15		0.28		30								0.21	523		0.17	670		0.388	1				
DO-5014	25		0.35		35	0.82	80	42	34	0.15	24	18	0.25	504	6	0.18	523	6	0.382	1.5			0.5	2
DO-5024	40		0.52		40				44				0.27	373		0.20	598		0.565	2				
DO-5614	60		0.72		45	0.84	90	52	38	0.2			0.29	350		0.27	460		0.84	2.5	0.35		0.35	4
DO-5624	90		0.97		49				48				0.31	260		0.29	420		1.23	3.2				
DO-6314	120		1.2		53	0.86	102	60	44	0.25		22	0.38	265			460		1.28	5				
DO-6324	180		1.67		57				55				0.44	213		0.33	355		1.73	7				6

注：主、副绕组型式方案见第一章第一节表 1-7。

附表 1-7　BO2 系列单相电阻起动异步电动机性能及铁心、绕组数据

型号	额定功率/W	额定电压/V	满载时				定子铁心			气隙	槽数		主绕组			副绕组			绕组布线型式	堵转电流/A	堵转转矩倍数 (T_d/T_N)	最大转矩倍数 (T_{max}/T_N)	最小转矩倍数 (T_{min}/T_N)
			电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	外径/mm	内径/mm	叠厚/mm	mm	定子	转子	线径/mm	每极匝数	平均半匝长度/mm	线径/mm	每极匝数	平均半匝长度/mm					
BO2-6312	90	220	1.09	2800	56	0.67	96	50	45	0.25	24	18	0.45	436	132	0.33	192	132	主22 副22	12	1.5	1.8	0.8
BO2-6322	120		1.36		58	0.69			54				0.50	357	141	0.35	182	140		14	1.4		
BO2-7112	180		1.89		60	0.72	110	58	50				0.56	297	148.2	0.38	167	148.5		17	1.3		
BO2-7122	250		2.4		64	0.74			62				0.63	235	160.2	0.40	156	160.6		22	1.1		
BO2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58				0.71	206	170.4	0.45	136	171.3		30			
BO2-6314	60		1.23	1400	39	0.57	96	58	45			30	0.42	315	97.3	0.31	127	93.5	主6 副6	9	1.7		
BO2-6324	90		1.64		43	0.58			54				0.45	270	166.3	0.35	117	103		12	1.5		
BO2-7114	120		1.88		50		110	67	50				0.53	224	109.4	0.33	124	109.4		14			
BO2-7124	180		2.49		53	0.62			62				0.60	183	21.4	0.35	102	121.4		17	1.4		
BO2-8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58				0.71	158	126.4	0.40	104	126.4		22	1.2		
BO2-8024	370		4.24		62	0.64			75				0.85	124	143.9	0.47	89	143.4		30			

注：1. 堵转电流即最初起动电流 I_{sto}；

2. 主、副绕组布线型式方案见第一章第一节表 1-7。

附表 1-8　CO2 系列单相电容起动异步电动机性能及铁心、绕组数据

型号	额定功率/W	额定电压/V	满载时				定子铁心			气隙	槽数		主绕组			副绕组			绕组布线型式	电容器容量/μF	堵转电流/A	堵转转矩倍数(T_d/T_N)	最大转矩倍数(T_{max}/T_N)	最小转矩倍数(T_{min}/T_N)
			电流/A	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	外径	内径	叠厚		定子	转子	线径/mm	每极匝数	平均半匝长度/mm	线径/mm	每极匝数	平均半匝长度/mm						
							/mm																	
CO2-7112	180	220	1.89	2800	60	0.72	110	58	50	0.25	24	18	0.56	297	148.2	0.38	247	158.3	主 22 副 20	75	12	3.0	1.8	1.0
CO2-7122	250		2.40		64	0.74			62				0.63	235	160.2	0.47	204	170.3			15			
CO2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58				0.71	206	170.4	0.53	206	182		100	21	2.8		
CO2-8022	550		4.65		68	0.79			75				0.85	159	187.6	0.56	154	192		150	29			
CO2-90S2	750		5.94		70	0.82	145	77	70	0.30			1.0	147	198.2	0.63	133	211.2		200	37	2.5		
CO2-7114	120		1.88	1400	50	0.58	110	67	50	0.25		30	0.53	224	109.4	0.35	145	120.2	主 6 副 5	75	9	3.0		
CO2-7124	180		2.49		53	0.62			62				0.60	183	121.4	0.38	124	132.2			12			
CO2-8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58				0.71	158	126.4	0.47	133	139		100	15	2.8		
CO2-8024	370		4.24		62	0.64			75				0.85	124	143.4	0.50	134	155.8			21	2.5		
CO2-90S4	550		5.57		65	0.69	145	87	70		36	42	0.95	127	144.6	0.60	108	157.2	主 17 副 13	150	29			
CO2-90L4	750		6.77		69	0.73			90				1.06	96	165	0.63	120	177			37			

注：1. 电容器为 CDJ 型电解电容，工作电压 220V；

2. 主副绕组布线型式方案见第一章第一节表 1-7。

附表 1-9 DO2 系列单相电容运转异步电动机性能及铁心、绕组数据

型号	额定功率/W	额定电压/V	满载时				定子铁心			气隙	槽数		主绕组			副绕组			绕组布线型式	堵转电流/A	堵转转矩倍数(T_d/T_N)	最大转矩倍数(T_{max}/T_N)	最小转矩倍数(T_{min}/T_N)	电容器	
			电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	外径	内径	叠厚		定子	转子	线径/mm	每极匝数	平均半匝长度/mm	线径/mm	每极匝数	平均半匝长度/mm						容量/μF	工作电压/V
							mm																		
DO2-4512	10	220	0.20	2800	28	0.80	71	38	45	0.2	12	18	0.18	868	106	0.16	971	106	主6 副6	0.8	0.60	1.8	0.60	1	630
DO2-4522	16		0.26		35								0.20	750		0.19	796			1.0					
DO2-5012	25		0.33		40	0.85	80	44					0.25	519	125.7	0.23	819	125.7		1.5				2	
DO2-5022	40		0.42		42-	0.90								489		0.25	698			2.0	0.50		0.50		
DO2-5612	60		0.57		53		90	48	50	0.25	24		0.28	454	131.6	0.31	527	131.6	主22 副22	2.5				4	
DO2-5622	90		0.81		56								0.33	363			467			3.2	0.35		0.35		
DO2-6312	120		0.91		63	0.95	96	50	45				0.40	415	132		593	132		5.0					
DO2-6322	180		1.29		67				54				0.45	320	140.7	0.33	427	140.7		7.0				6	
DO2-7112	250		1.73		69		110	58	50				0.50	271	148.1	0.45	382	148.1		10				8	430
DO2-4514	6		0.20	1400	17	0.80	71	38	45	0.20	12		0.18	700	83.3	0.16	675	83.3	主1 副(1—4)	0.5	1.0		1.0	1	630
DO2-4524	10		0.26		24								0.20	600			620			0.8	0.6		0.6		
DO2-5014	16		0.28		33		80	44					0.21	560	85.4	0.21	455	85.4		1.0				2	
DO2-5024	25		0.36		38	0.82							0.25	436			435			1.5	0.5		0.5		
DO2-5614	40		0.49		45		90	54	50	0.25	24		0.28	356	98.7	0.23	508	98.7	主6 副6	2.0					
DO2-5624	60		0.64		50	0.85							0.31	348		0.28	339			2.5				4	
DO2-6314	90		0.94		51		96	58	45				0.35	302	93.7	0.31	374	93.7		3.2	0.35		0.35		
DO2-6324	120		1.17		55				54			30	0.40	259	106.3		365	106.3		5.0					
DO2-7114	180		1.58		59	0.88	110	67	50				0.42	206	109.4	0.38	330	109.4		7.0				6	430
DO2-7124	250		2.04		62	0.90			62				0.47	165	121.4	0.42	268	121.4		10				8	

注：1. 绕组布线型式中的“副(1—4)”系指副绕组线圈节距为1—4；

2. 绕组布线型式方案见第一章第一节表1-7。

附表 1-10　YC 系列单相电容起动异步电动机技术数据

型　号	功　率 /kW	电　压 /V	满载时				起动电流 /A	堵转转矩倍数 (T_d/T_N)	最大转矩倍数 (T_{min}/T_N)	噪声/dB(A)			振　动 /(mm/s)
			电　流 /A	转　速 /(r/min)	效　率 (%)	功率因数				N	R	S	
YC90S-2	0.75	220	5.94	2900	70	0.82	37	2.5	1.8	75	70	65	1.8
YC90L-2	1.1		8.47		72		60						
YC100L1-2	1.5		11.24		74		80			78	73	68	
YC100L2-2	2.2		16.1		75	0.83	120						
YC112M-2	3		21.6		76		150	2.2		80	75	70	
YC132S-2	3.7		26.3		77		175			83	78	73	
YC90S-4	0.55		5.57	1450	65	0.69	29	2.5		70	65	60	
YC90L-4	0.75		6.77		69	0.73	37						
YC100L1-4	1.1		9.52		71	0.74	60			73	68	63	
YC100L2-4	1.5		12.5		73	0.75	80						
YC112M-4	2.2		17.5		75	0.76	120			75	70	65	
YC132S-4	3		23.5		75.5	0.77	150	2.2		78	73	68	
YC132M-4	3.7		28		76	0.79	175						
YC90S-6	0.25		4.21	950	54	0.50	20	2.5		66	61	56	
YC90L-6	0.37		5.27		58	0.55	25						
YC100L1-6	0.55		6.94		60	0.60	35			67	62	57	
YC100L2-6	0.75		9.01		61	0.62	45	2.2					
YC112M-6	1.1		12.2		63	0.65	65			70	65	60	
YC132S-6	1.5		14.7		68	0.68	85	2.0		73	68	63	
YC132M-6	2.2		20.4		70	0.70	125						

附表 1-11　U 型单相串励电动机铁心、绕组数据

<table>
<tr><th rowspan="3">型　号</th><th rowspan="3">功率
/W</th><th rowspan="3">电压
/V</th><th rowspan="3">转　速
/(r/min)</th><th colspan="3">定子铁心</th><th rowspan="2">气隙</th><th rowspan="3">转子
槽数</th><th colspan="2">磁极绕组</th><th colspan="8">转　子　绕　组</th></tr>
<tr><th>外径</th><th>内径</th><th>叠厚</th><th rowspan="2">每极
匝数</th><th rowspan="2">线径
/mm</th><th rowspan="2">元件
匝数</th><th rowspan="2">每槽导
体　数</th><th rowspan="2">总导
体数</th><th rowspan="2">线径
/mm</th><th rowspan="2">换向
片数</th><th rowspan="2">实槽
节距</th><th rowspan="2">绕组接线</th></tr>
<tr><th colspan="4">mm</th></tr>
<tr><td>U15/40-220</td><td rowspan="2">15</td><td rowspan="3">220</td><td>4000</td><td>65</td><td>33.5</td><td>36</td><td>0.45</td><td rowspan="2">10</td><td>740</td><td>0.20</td><td rowspan="2">110</td><td rowspan="2">440</td><td rowspan="2">4400</td><td>0.15</td><td rowspan="2">20</td><td rowspan="2">4</td><td rowspan="2">a)</td></tr>
<tr><td>U15/56-220D</td><td>5600</td><td>55</td><td>29</td><td>22</td><td>0.35</td><td>600</td><td>0.19</td><td>0.13</td></tr>
<tr><td>U30/40-220</td><td>30</td><td>4000</td><td rowspan="3">84</td><td rowspan="3">45.3</td><td>25</td><td rowspan="3">0.45</td><td rowspan="3">12</td><td>575</td><td>0.25</td><td>62</td><td>372</td><td>4464</td><td>0.18</td><td>36</td><td rowspan="3">5</td><td>b)</td></tr>
<tr><td>U40/36-24D</td><td rowspan="2">40</td><td>24</td><td rowspan="2">3600</td><td rowspan="2">38</td><td>76</td><td>0.86</td><td>7</td><td>28</td><td>336</td><td>0.64</td><td rowspan="2">24</td><td rowspan="2">c)</td></tr>
<tr><td>U40/36-110D</td><td>110</td><td>350</td><td>0.41</td><td>34</td><td>136</td><td>1632</td><td>0.33</td></tr>
</table>

(续)

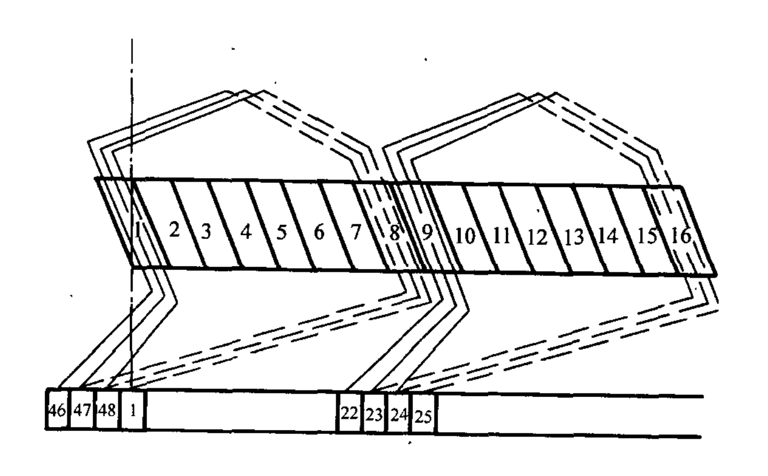
<table>
<tr><th rowspan="3">型　　号</th><th rowspan="2">功率</th><th rowspan="2">电压</th><th rowspan="2">转　速</th><th colspan="3">定子铁心</th><th rowspan="2">气隙</th><th rowspan="3">转子
槽数</th><th colspan="2">磁极绕组</th><th colspan="7">转　子　绕　组</th></tr>
<tr><th>外径</th><th>内径</th><th>叠厚</th><th rowspan="2">每极
匝数</th><th rowspan="2">线径
/mm</th><th rowspan="2">元件
匝数</th><th rowspan="2">每槽导
体　数</th><th rowspan="2">总导
体数</th><th rowspan="2">线径
/mm</th><th rowspan="2">换向
片数</th><th rowspan="2">实槽
节距</th><th rowspan="2">绕　组　接　线</th></tr>
<tr><th>/W</th><th>/V</th><th>/(r/min)</th><th colspan="4">mm</th></tr>
<tr><td>U55/45-220D</td><td>55</td><td>220</td><td>4500</td><td rowspan="3">84</td><td rowspan="3">45.3</td><td>38</td><td rowspan="3">0.45</td><td rowspan="3">12</td><td>360</td><td>0.38</td><td>50</td><td>200</td><td>2400</td><td>0.25</td><td>24</td><td rowspan="3">5</td><td>d)</td></tr>
<tr><td>U80/50-110D</td><td rowspan="2">80</td><td>110</td><td rowspan="2">5000</td><td rowspan="3">60</td><td>220</td><td>0.49</td><td>13</td><td>78</td><td>936</td><td>0.41</td><td rowspan="2">26</td><td rowspan="2">e)</td></tr>
<tr><td>U80/50-220D</td><td rowspan="3">220</td><td>435</td><td>0.35</td><td>27</td><td>162</td><td>1944</td><td>0.29</td></tr>
<tr><td>U120/40-220</td><td>120</td><td rowspan="2">4000</td><td rowspan="2">94</td><td rowspan="2">51.6</td><td rowspan="2">0.55</td><td rowspan="2">16</td><td>220</td><td>0.44</td><td>23</td><td>138</td><td>2208</td><td>0.31</td><td rowspan="2">48</td><td rowspan="2">7</td><td rowspan="2">f)</td></tr>
<tr><td>U180/40-220</td><td>180</td><td>75</td><td>160</td><td>0.53</td><td>20</td><td>120</td><td>1920</td><td>0.35</td></tr>
</table>

附表 1-12 G 型单相串励电动机铁心、绕组数据

型号	输出功率/W	电压/V	转速/(r/min)	定子铁心 外径	内径	叠厚	气隙	转子槽数	磁极绕组 每极匝数	线径/mm	转子绕组 元件匝数	每槽导体数	总导体数	线径/mm	换向片数	实槽节距
				mm												
G25/40	25					20			690	0.21	84	504	5544	0.14		
G30/40	30					25			486	0.27	74	444	4884	0.17		
G40/40	40										76	456	5016			
G60/40	60			71.3	39.3	36	0.4	11	358	0.29	53	318	3498	0.21	33	5
G80/40	80	220	4000			44			310	0.33	46	276	3036	0.23		
G90/40	90					53			286	0.35	39	234	2574	0.25		
G120/40	120					40			282	0.41	37	148	2812	0.29		
G180/40	180			90	51.3	55	0.45	19	182	0.53	29	116	2204	0.38	38	9
G250/40	250					68			146	0.59	18	72	1368	0.41		

附表 1-13 SU 型交、直流两用串励电动机铁心、绕组数据

型号	电压/V 交流	直流	输出功率/W 交流	直流	转速/(r/min)	轴伸数	定子铁心 外径	内径	叠厚	气隙	转子槽数	磁极绕组 磁极交流匝数	增加直流匝数	定子磁极总匝数	线径/mm 交流	直流	转子绕组 元件匝数	每槽导体数	总导体数	换向片数	实槽节距	绕组接线
							mm															
SU-1	110	110				1						111	209	320	0.62	0.49	12	72	1152			
SU-1C						2																
SU-2			80	100	2500	1	94	51.6	60	0.55	16									48	7	见附图
SU-2C	220	220				2						219	441	660	0.44	0.35	25	150	2400			



附表 1-14　单相罩极式台扇、吊扇电动机铁心、绕组数据

扇别	型号	规格/mm	极数	定子/mm			槽数		绕组		调速方式
				外径	内径	叠厚	定子	转子	线径/mm	线圈(匝×只)	
台扇	BY 1861	150 180	2	60	30	25 32	2	15	0.15	1500×2 1170×2	电抗
	BW2062 Ⅰ Ⅱ 2062 BW270 Ⅰ Ⅱ	200	2	59	28	32 26	2	15	0.15	1175×2 (925+250)×2 1050×2 1350×2 (850+500)×2	抽头 电抗 抽头
	BW176 Ⅰ Ⅱ	230 250	2	70	35	32 38	2	17 15	0.21 0.23	1100×2 990×2 (700+290)×2	电抗 抽头
	12BQ-62 12AD-$^{61}_{49}$	300	4	88	44.7	32 26 32	4	17	0.27 0.25 0.28	510×4 590×4 480×4	电抗
	16BQ-$^{64}_{65}$	400	4	108	51	32	4	22	0.417	450×4	电抗
	16AD-$^{50}_{61}$					38			0.417 0.376	420×4	
	57AD 400AD 16AL-54		6			36 38	6		0.35 0.38 0.417	460×4 360×6	
吊扇	36DD 36AC-48	900	12 14			30 38	12 28	57	0.38 0.475	550×12 185×14	电抗
	42AC-48	1050	14			51	14		0.51	155×14	
	56AC-51 56JA	1400	12			32	12		0.55	240×12	

注：台扇定转子间气隙为 0.35mm；吊扇气隙为 0.3mm。

附表1-15 G新系列单相串励电动机铁心、绕组数据

型号	功率 /W	电压 /V	频率 /Hz	满载				定子铁心			气隙	转子槽数	磁级绕组		转子绕组					堵转转矩倍数 (T_d/T_N)	堵转电流倍数 (I_d/I_N)
				电流 /A	转速 /(r/min)	效率 (%)	功率因数	外径 (mm)	内径 (mm)	叠厚 (mm)			每极匝数	线径 /mm	元件匝数	线径 /mm	总导体数	换向片数	实槽节距		
G3614	8			0.14		32	0.83			18			1010	0.14	214	0.09	10272				
G3624	15			0.22	4000	38				30			685	0.18	137	0.12	6576			1.5	2.5
G3634	25			0.32		44	0.81			38			536	0.23	104	0.15	4992				
G3616	15			0.20		40				18											
G3626	25			0.29	6000	45	0.86			30										1.8	3.5
G3636	40			0.42		51		56	30	38	0.3	8	470	0.25	77	0.17	3696	24	3		
G3618	25			0.28		46				18											
G3628	40			0.40	8000	52	0.88			30										3.0	4.5
G3638	60			0.57		55				38			445	0.29	62	0.20	2976				
G36112	40	220	50	0.37		53				18											
G36212	60			0.53	12000	56	0.92			30										4.5	6.0
G36312	90			0.77		58				38			366	0.33	47	0.23	2256				
G4514	40			0.45		50	0.81														
G4524	60			0.64	4000	53	0.80			40			362	0.31	51	0.21	3672			1.7	2.5
G4534	90			0.91		56				50			290	0.38	39	0.25	2808				
G4516	60			0.59		54	0.86	71	39		0.35	12						36	5		
G4526	90			0.85	6000	56				40										2.5	3.5
G4536	120			1.08		60	0.84			50			240	0.41	33	0.27	2376				
G4518	90			0.82	8000	57	0.88													4.0	4.5

（续）

型号	功率 /W	电压 /V	频率 /Hz	满载 电流 /A	满载 转速 /(r/min)	满载 效率 (%)	满载 功率因数	定子铁心 外径 mm	定子铁心 内径 mm	定子铁心 叠厚 mm	气隙 mm	转子槽数	磁级绕组 每极匝数	磁级绕组 线径 /mm	转子绕组 元件匝数	转子绕组 线径 /mm	转子绕组 总导体数	转子绕组 换向片数	转子绕组 实槽节距	堵转转矩倍数 (T_d/T_N)	堵转电流倍数 (I_d/I_N)
G4528	120	220	50	1.03	8000	60	0.88	71	39	40	0.35	12						36	5	4.0	4.5
G4538	180			1.50		62				50			195	0.44	26	0.31	1872				
G45112	120			0.99	12000	60	0.92													6.0	6.0
G45212	180			1.43		62				40			192	0.44	25	0.31	1800				
G45312	250			1.93		64				50			167	0.51	19	0.38	1368				
G5614	120			1.15	4000	59	0.80	90	50	35	0.5	13	266	0.44	42	0.29	3276	39	6	2.0	2.5
G5624	180			1.70		61	0.79			50			195	0.53	29	0.35	2262				
G5634	250			2.32		63	0.78			65			152	0.59	22	0.41	1716				
G5616	180			1.60	6000	61	0.84			35			243	0.49	31	0.33	2418			3.0	3.5
G5626	250			2.15		63				50			179	0.57	22	0.41	1716				
G5636	370			3.08		65				65			144	0.67	16	0.47	1248				
G5618	250			2.08	8000	64	0.88			35			226	0.55	24	0.38	1872			5.0	4.5
G5628	370			2.90		66				50			166	0.64	17	0.47	1326				
G5638	550			4.18		68				65			123	0.77	12	0.55	936				
G7114	370			3.32	4000	65	0.78	120	69	42	0.9	19	156	0.69	17	0.49	1938	57	9	2.0	2.5
G7124	550			4.92		66	0.77			60			112	0.83	12	0.59	1368				
G7134	750			6.70		67	0.76														
G7116	550			4.45	6000	67	0.84			42			132	0.77	13	0.55	1482			3.5	3.5
G7126	750			6.0		68				60			100	0.93	9	0.64	1026				

附表 1-16　单相电容式台扇电动机铁心、绕组数据

型号	规格/mm	极数	定子/mm 外径	定子/mm 内径	定子/mm 叠厚	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 线径/mm	主绕组 线圈/(匝×只)	副绕组 线径/mm	副绕组 线圈大小圈/(匝×只)	调速绕组 线径/mm	调速绕组 线圈/(匝×只)	绕组型式	电容器/(μF/V)	调速方式
DW1-79	200 230 250 300	4	88	44.7	28	8	17	0.17	840×4	0.15	(1160+480)×2	0.15	680×2	单链	1/400	抽头
QB-64					20				935×4 634×4 780×4 796×4 560×4 590×4 685×4		1020×4			双链	1/500	电抗器
QB-62/63	300				26					0.19	620×4				1.5/400	
QB-64/61 DQ-63	350		88.5 88 88.5	46 44.7 49	30 32 26 34	16 8 16	22 17 22	0.23 0.21 0.19		0.13 0.19 0.15	1235×4 790×4 780×4 976×4			单链 双链 单链	0.8/400 1.2/400 1/400 1.2/400	
QB-64/61 DQ-63 QB-76	400	4	88	44.7	32 26 34 32	8	17	0.23	530×4 580×4 555×4 520×4	0.17 0.21 0.15 0.17	890×4 730×4 955×4 (1000+560)×2	0.19	440×2	双链	1.2/400 2/400 1/400 1.2/400	
			88.5 88	49 44.7		16 8	22 17							单链 双链		
	250	4	88 78	44.7 44.5	20	8 16	17 22	0.17 0.15	850×4 1050×4	0.15	(1020+500)×2 1050×4	0.15′	300×2 550×4	双链 单链	1/500 1/400	抽头
	300		78	44.5	24 22 24 20	16	22	0.17	800×4	0.15	500×4	0.15	500×4	单链	1/400	
			82* 85.5	44.6 46.5							(1000+500)×2		500×2			
	350	4	88 78 88.5	49 44.5 49	26 25	16	22	0.21 0.17 0.19	720×4 750×4 760×3+(650+110)	0.17 0.15 0.19	930×4 600×4 480×4	0.15 0.19	500×4 480×4	单链 双链 单T型	1.2/400	电抗
	400	4	88.4	49	32	16	22	0.21	550×4	0.19	350×4	0.19	350×4	单 L-2 型	1.2/400	抽头
			88.5 88		35			0.23	570×4		720×4 890×4			单链		
						16	22	0.21	710×4 710×4 730×4	0.17	980×4 935×4 930×4				1.2/400	电抗器
								0.19	650×4	0.17	850×4					
						8	17	0.23	570×4	0.19	850×4					
									530×4	0.17	780×4 890×4 820×4					
	300	4				8	17	0.19	590×4	0.18	680×4				1.2/400 1.5/400 1/400	
						16	22	0.21 0.15	620×4 710×4 800×4	0.17 0.15	700×4 935×4 1150×4					

注：台扇定转子间气隙均为 0.35mm；有“*”符号者为 0.38mm。

附表 1-17　单相电容式吊扇电动机铁心、绕组数据

型号	规格/mm	极数	定子/mm 外径	定子/mm 内径	定子/mm 叠厚	转子外径	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 线径/mm	主绕组 线圈/(匝×只)	副绕组 线径/mm	副绕组 线圈/(匝×只)	调速绕组 线径/mm	调速绕组 线圈/(匝×只)	电容器/(μF/V)	调速方式
36CC-48	900	14	122.25	44	26	148	28	47	0.295	360×14	0.295	360×14			2.5/400	
42CC-48	1050									300×14		330×14			3/400	
	1200	18	134.75	70.5	25	162	36	48	0.27	280×18	0.25	328×18			2/400	
DD2-64	1400									270×18					2.4/400	
56CC-54/46	1400		138.8	60	32	164.5			0.315	200×18	0.315	225×18			4/400	
					38	165.7				210×18	0.295	250×18				
	900	14	122	44	25	148	28	47	0.19	600×7	0.17	600×7			1.2/400	电抗器
			118	20	23	145		45	0.23	382×14	0.19	506×14			1/400	
	1050	14	118	20	23	145	28	47	0.21	650×7	0.19	870×7			3/400	
		16	132	22	24	160	32	57	0.25	620×8	0.23	715×8			1/400	
	1200*	16	132	22	24	160	32	57	0.28	530×8	0.23	780×8			2/400	
	1400		136	60	25	164.5			0.29	245×16	0.25	315×16				
	1400	18	138.8	60	28	164.5	32	52	0.29	236×18	0.25	323×18			2.4/400	
			136.6	63.5	32			48	0.31	440×18		620×18			2/400	
							36	48	0.27	280×18	0.25	328×18			2.4/400	
								18		253×18		335×18				
								18	0.29	230×18	0.25	296×18				
										215×18		330×18				
									0.29	240×18	0.27	300×18			2/400	
									0.31	220×18	0.25	310×18			1.8/400	
	1400	18					36	18	0.27	280×18	0.25	328×12	0.27	400+100×5	2.4/400	抽头
												328×14		150+750+200+170	2.2/400	
									0.29	280×18	0.27	310×14	0.27	500+180+140+130	2.4/400	
									0.31	275×18	0.31	275×12		100+100×5		

注：吊扇定转子间气隙均为 0.25mm；有“ * ”符号者为 0.3mm。

附表 1-18　单相电容式落地扇、座地扇、壁扇电动机铁心、绕组数据

扇别	规格/mm	极数	定子/mm			槽数		主绕组		副绕组		绕组型式	电容器/(μF/V)	调速方式
			外径	内径	叠厚	定子	转子	线径/mm	线圈/(匝×只)	线径/mm	线圈/(匝×只)			
落地扇	350	4	88.5	49	34	16	22	0.19	685×4	0.15	976×4	单链	1.2/400	电抗
					28	8	17	0.21	700×4	0.19	(550+300)×4	双链	1/400	抽头
			88	44.7	30	16	22	0.23	600×4	0.17	(420+420)×4			
	400	4	88.5	49	35	16	22	0.23	570×4	0.19	720×4	单链	1.2/400	电抗
			88	44.7	32	8	17		520×4	0.17	1000×2+560×2	双链	1.5/400	抽头
			88.5	49		16	22	0.21	550×4	0.19	(350+350)×4		1.2/400	
座地扇	300	4	88	44.7	26	8	17	0.17	780×4	0.19	620×4	双链	1.5/400	电抗
				49		16	22	0.19	760×3 +(750+110)		(480+480)×4 930×4	单链	1.2/400	抽头
	350				35			0.21	720×4	0.17	890×4			电抗
								0.23	570×4		850×2 +(700+160)×2			
	400		88.5	46.7	32			0.21	600×4					抽头
壁扇	300	4	86	44.5	26.5	16	22	0.17	800×4	0.19	650×2 +(420+200)×2	单链	1/400	抽头
	350				28			0.19	760×4		(480+480)×4		1.2/400	
			92	50		8	17	0.23	775×4	0.20	(320+480)×4	双链	1.5/400	
	400		88.5	49	35	16	22	0.21	730×4	0.17	930×4	单链	1.2/400	电抗

注：上述电扇定转子间气隙均为 0.35mm。

附表 1-19　单相电容式顶扇、排气扇电动机铁心、绕组数据

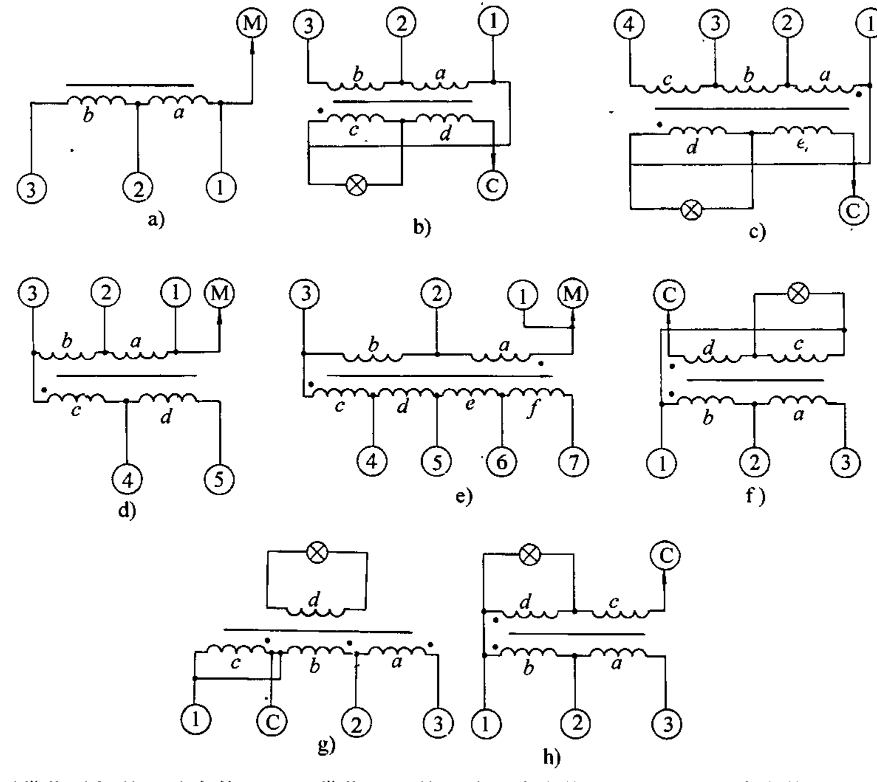
扇别		规格/mm	极数	定子/mm			气隙/mm	槽数		主绕组		副绕组		电容器/(μF/V)	绕组型式	备注
				外径	内径	叠厚		定子	转子	线径/mm	线圈/(匝×只)	线径/mm	线圈/(匝×只)			
顶扇		350 400	4	88	49	25 35	0.35	16	22	0.21 0.23	720×4 570×4	0.17 0.19	930×4 720×4	1.2/500	单链	电抗调速
排气扇	一般	400	6 4	102	60	36 58	0.35	24 16	18 22	0.31 0.35	260×6 240×4 330×4	0.31 0.35 0.31	260×6 330×4 240×4	4/400	单交叉	单速
	一般	500	6 4	120	72	40 56	0.3 0.25	24	20 18	0.29 0.47	295×6 105×4	0.23 0.35	510×6 170×4	2/400 6/500	单链	单速
	轴流	400	6	55			0.3	24		0.38	205×6	0.38 0.27	205×6 415×6	6/400 2.5/400	单链	双向 单向

附表 1-20　鸿运扇及交直流两用串励式台扇电动机绕组数据

	机　别	极数	定　子 叠厚/mm	定　子 槽数	主绕组 线径/mm	主绕组 线圈/(匝×只)	副绕组 线径/mm	副绕组 线圈/(匝×只)	备　注
鸿运扇	主机(300mm)	4	20	16	0.18	880×4	0.18	(440+440)×4	抽头调速
	转盘电机	12			0.03~0.05	11000~12500 匝			磁钢转子

	规　格/mm	定子叠厚/mm	定子绕组 线径/mm	定子绕组 每极匝数	电枢 槽　数	电枢 线径/mm	电枢 线圈/(匝×只)	节距	换向片数
串励台扇	300	26	0.17	1500	12	0.12	205×12	1—6	24

附表 1-21　电风扇调速电抗器铁心、绕组数据



a)不带指示灯的三速电抗器　b)带指示灯的三速反串电抗器　c)四速反串电抗器　d)吊扇用五速正串电抗器　e)吊扇用七速正串电抗器　f)三速正串电抗器　g)指示灯分离式电抗器　h)三速反串电抗器

序号	配用电扇 类型	配用电扇 型　号	配用电扇 规格/mm	冲片型式	铁心截面/mm	调速线圈 线径/mm	调速线圈 分挡匝数 $a+b+c+d+e+*$	校验参数 电压/V	校验参数 电流/A	接线图号
1	罩极式台扇		300	E形	19×13	0.27	750+100	58	0.23~0.24	附图a
2		12BQ-63				0.25	500+200			
3		BQ-62				0.27	250+100	58	0.23~0.24	
4		BQ-63					100+544+56* +200	46	0.235~0.265	f
5		16BQ-64	400		19×17	0.41	380+70	46	0.23~0.24	a
6		16AL-54			19×18	0.14	450+150			
7		16BQ-65				0.41	250+100+40* +130	46	0.235~0.265	f
8				O形	12×20	0.41	425+76	46	0.50~0.51	a

（续）

序号	配用电扇			冲片型式	铁心截面/mm	调速线圈		校验参数		接线图号
	类型	型号	规格/mm			线径/mm	分挡匝数 a+b+c+d+e+*	电压/V	电流/A	
9	罩极吊扇	36AC-48	900	E形	19×18	0.41	150+600+100+100			d
10		36BD				0.38	250+100×5	84	0.325~0.355	e
11	电容式吊扇	42CC-48	1050	E形	19×19	0.32	1000+300			a
12		DD2-64	1200			0.27	250+130+100×4	94	0.29~0.30	e
13		DD2-64	1400				380+120+110+100×3	106	0.27~0.285	
14		56CC-54				0.32	1000+300			a
15		60CC-36	1500			0.36	500+200+200+150			d
16	电容顶扇		350	O形	12×18	0.23	200+850+350+70*			g
17			400			0.29	190+520+220+65*			
18	电容式台扇	QB-64	250	E形	19×17	0.17	1600+200	133	0.083~0.097	a
19							1550+250//72*+600	142	0.06~0.065	b
20			300	O形	12×19		300+1100+270+70*	130	0.10~0.11	h
21		QB-62		E形	19×17		1750+200	157	0.145~0.16	a
22					19×13		250+1300+300+70*	128	0.10~0.12	h
23			350	E形	19×18	0.19	350+800+250+70*			g
24		QB-61			19×19	0.23	850+150	106	0.15~0.16	a
25		QB-64					150+870+500+52*	110	0.12~0.125	g
26		DQ-63				0.19	950+250//50*+600	122	0.14~0.145	b
27		QB-64				0.23	820+100+100//52*+500	110	0.12~0.125	c
28							870+150//52*+500			b
29			400	O形	12×16	0.23	300+640+200+65*			g
30					12×18		640+300+200+65*			h
31				E形	19×19		200+800+455+45*	104	0.165~0.185	h
32					19×20		200+800+465+70*	100	0.14~0.15	h
33		QB-61			19×19		800+200	106	0.15~0.16	a
34		DQ-63					600+250//45*+520	93	0.25~0.27	b
35		QB-64					800+200//45*+455	104	0.165~0.185	b
36							700+150+150//45+455			c

注：1. 调速线圈分档匝数中有“*”符号的为6.3V指示灯线圈匝数；有“//”符号的表示内外两组线圈的绝缘层；

2. 接线图中①、②、③、④……数字表示调速开关挡序接线；M为电动机；C为副绕组电容器。

附表 1-22　国产及进口电冰箱压缩机组电动机型号、性能参数

	生产厂	型号	输出功率/W	极数	电压/V	工作电流/A	制冷量/(J/h)[1]
国产	北京电冰箱压缩机	QF-21-65	65	2	220	0.7	303(72.4)
		QF-21-100	100			0.8	398(95)
	北京电冰箱厂	QF-21-75	75	2	220	0.9	293(70)
		QF-21-93	93	2		1.2	418(100)
		LD-5801	93	4		1.4	398(95)
	天津医疗器械厂	LD1-6	93	2	220	1.1	418(100)
		5608-Ⅰ(Ⅱ)	125	4		1.6	494(118)
	沈阳医疗器械厂	FB-515	93	4	220	1.35	398(95)
		FB-516	93	4		1.7	398(95)
		FB-517(Ⅰ)	93	4		1.3	418(100)
		FB-517(Ⅱ)	93	2		1.1	418(100)
		FB-505	65	2		0.7	293(70)
	常熟机械总厂	QZD-3.4	60	2	220	0.6	251(60)
进口	日本,东芝	KL-12M[2]	80	2	220	0.95	272(65)
		FL-9N	60				251(60)
		FL-15N	100				377(90)
	日本,日立	VS659R	75	2	220~242	0.74	310(74)
		VS1001R	93			0.91	418(100)
		HQ651-BQ	62			1.0	272(65)
	日本,三菱	MRE-1585	85	2	200~220		
		MRE-1705	87				
		KLZ-313	100				469(112)
	日本,松下	FNE100WS-5AP	93	2	220	0.9	335(80)
		FNE125WS-5AP	100			1.13	418(100)
	日本,三洋	C-M75-L6A	75	2	187~242	0.8	301(72)
	日本,夏普	SJ-174G	93	2	220		
	意大利 阿斯培拉	A1055B	75	2	220~240	0.63	251(60)
		A1075A	93			0.75	314(75)
		A1085A	100			0.8	368(88)
		A1090A	105			0.95	398(95)
	意大利,扎奴西	E44-601	75	2	220	0.65	301(72)
		E44-101A	93			0.75	368(88)
	美国,泰康	AE1332A	75	2	220~240		274(65.5)
		AE1336A	93				316(75.6)
		AE1343A	124				381(91)
	丹麦,丹福斯	PW4.5K	105	2	198~225	0.9	314(75)
	苏联,别留沙	AXH160	100	2	220		
		AXH240	120				
		ДXK-240	135				
	匈牙利,莱哈尔	HB160XX	75	2	220		
		HB202SS	82				

① 制冷量括号内数字单位为 cal/h;1cal/h = 4.1868J/h。

② 日本东芝 KL—12M 压缩机组电动机为电容分相起动型,其余型号均为电阻分相起动型。

附表 1-23　国产及部分进口电冰箱压缩机组电动机铁心、绕组数据

生产厂型号		北京电冰箱厂				北京电冰箱压缩机厂		沈阳医疗器械厂				天津医疗器械厂			日本东芝	苏联别留沙	日本日立	
		LD 5801	QF21-75	QF21-93		QF21-65	QF21-100	FB-515	FB-516 (517Ⅰ)	FB-517Ⅱ	FB-505	LD-1-6	5608Ⅰ	5608Ⅱ	KL-12M	ДXK-240	HQ-651-BQ	V1001R
输出功率/W		93	75	93	93	65	100	93	93	93	65	93	125	125	80	135	62	93
极数		4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	4	4	2	2	2	2
定子铁心叠厚/mm		28	25	36	36	30	35	28	28	40	30	35						
定子槽数		32	24	24	24	24	24	32	32	24	24	24	32	32	24	24	24	24
主绕组 线圈匝数	小小圈	71	45	36	43	59(64)	53			41	88		62	59				71
	小圈	96	87	70	62	79(84)	72	90	90	78	88	65	91	61	80	64	58	81
	中圈	125	101	81	80	95(101)	88	118	110	88	131	85	110	81	106	92	76	99
	大圈	65	117	94	93	105(113)	114	122	137	103	131	113		46	110	108	102	116
	大大圈		120	98	101	105(113)	114			105	175	113			118	120	108	104
主绕组	每极匝数	357	470	379	379	443(475)	441	330	337	415	613	376	263	247	414	384	344	471
主绕组	线径/mm	0.64	0.59	0.64	0.64	0.60(0.59)	0.6	0.59～0.61	0.38	0.64	0.51	0.64	0.7	0.72	0.57	0.61	0.62	0.62
副绕组 线圈匝数	小小圈										53		33					
	小圈	33	40	40	33	57(39)	45		18	46	53	41	54	34		34		43
	中圈	40	60	60	41	64(45)	55	41	35	64	79	50	65	46		43	64	52
	大圈	50	70	70	45	74(50)	59	102	95	68	79	$120\begin{pmatrix}+95\\-25\end{pmatrix}$		50	128	$139\begin{pmatrix}+98\\-41\end{pmatrix}$	72	60
	大大圈		$200\begin{pmatrix}+140\\-60\end{pmatrix}$	$200\begin{pmatrix}+140\\-60\end{pmatrix}$	$101\begin{pmatrix}+76\\-25\end{pmatrix}$	$87\begin{pmatrix}152\ {+107}\\-45\end{pmatrix}$	$195\begin{pmatrix}+127\\-68\end{pmatrix}$			78	104	$117\begin{pmatrix}-20\\+97\end{pmatrix}$			130	$140\begin{pmatrix}+98\\-42\end{pmatrix}$	82	66
副绕组	每极匝数	123	370	370	220	282(286)	354	143	148	256	368	328	152	130	258	356	218	221
副绕组	线径/mm	0.35	0.31	0.35	0.35	0.29(0.33)	0.32	0.38	0.38	0.38	0.31	0.35	0.37	0.35	0.41	0.33	0.31	0.38
布线型式		4/3-A	5/4-B	5/4-B	5/4-B	5/4-B	5/4-B	3/2-B	3/3-B	5/4-B	5/5-B	4/4-B	3/3-B	4/3-A	4/2-T型接法	4/4-B	4/3-B	5/4-B

注：1. 副绕组括号内匝数加负号“-”表示反绕匝数；
2. 电动机额定电压为220V50Hz；
3. 主副绕组布线型式可参见正文第一章图1-40和1-41；
4. 表列绕组参数生产厂可能不断改进，此表仅供参考。进口电动机数据虽少，可举一反三或拆修时计数。

附表 1-24　部分进口小型空调器用单相电动机铁心、绕组数据

型　号		日立 ND7505BX		日　本			日本 RRMB1867		
用　途		空调压缩机用		空调器风扇电动机			空调器风扇电动机		
输出功率/W		750(60Hz)		100			100		
极　数		2		4			4		
定子铁心/mm				外径 158　内径 98　叠厚 42			外径 132　内径 82　叠厚 47		
定子槽数		24		36			36		
绕组型式		正弦绕组		正弦绕组 L 型联结			正弦绕组 T 型联结		
线圈匝数(匝数/节距)				主绕组	调速绕组	副绕组	主绕组	调速绕组	副绕组
	小小圈	15		59/2					
	小　圈	23		91/4		74/3	76/4	60/4	
	中　圈	26	38	121/6	45/5	80/5	76/6	60/6	
	大　圈	47	36	200/8	44/7	106/7	132/8		150/7
	大大圈	36	51		80/9				185/9
绕组总匝数		2×147	2×125	4×471	4×169	4×260	4×284	4×120	2×335+2×150
线径/mm		0.93	0.77	0.46	0.31	0.41	0.38+0.31	0.38	0.31
绕组布线槽序				1·2·3·4—5·6·7·8 10·11·12·13—15·16·17·18 19·20·21·22—24·25·26·27 28·29·30·31—33·34·35·36	5·6·7—12·13·14 14·15·16—21·22·23 23·24·25—30·31·32 32·33·34—3·4·5	6·7·8—11·12·13 15·16·17—20·21·22 24·25·26—29·30·31 33·34·35—2·3·4	1·2·3—7·8·9 10·11·12—16·17·18 19·20·21—25·26·27 28·29·30—34·35·36	2·3—7·8 11·12—16·17 20·21—25·26 29·30—34·35	5·6—13·14 15—22 23·24—31·32 33—4

附表 1-25　洗衣机用单相电容运转电动机铁心、绕组数据

型号	用途	功率/W 输入	功率/W 输出	工作电流/A	电容器/(μF/V)	槽数 定子	槽数 转子	气隙/mm	定子铁心/mm 外径	定子铁心/mm 内径	定子铁心/mm 叠厚	主绕组 线径/mm	主绕组 大圈/(匝/节距)	主绕组 小圈/(匝/节距)	副绕组 线径/mm	副绕组 大圈/(匝/节距)	副绕组 小圈/(匝/节距)	生产厂
XD-90 XD-120 XD-180 XD-250	洗涤		90 120 180 250	0.9 1.0 1.5 1.8	8/450 10/450 12/450 16/450	24	22	0.3	方形 120×120	70	30 35 45 60	0.42 0.45 0.53 0.56	220/1—6 161/1—6 160/1—6 96/1—6	110/2—5 118/2—5 80/2—5 69/2—5	0.42 0.45 0.53 0.56	220/4—9 161/4—9 160/4—9 96/4—9	110/5—8 118/5—8 80/5—8 69/5—8	上海革新电机厂
XD-90 XD-120	洗涤		90 120	0.9 1.0	8/450 10/450	24	30	0.3	方形 107×107	65	35 40	0.38 0.41	200/1—6 176/1—6	100/2—5 88/2—5	0.38 0.41	200/4—9 176/4—9	100/5—8 88/5—8	
XDL-90 XDS-90 XDL-120 XDS-120 XDL-180 XDS-180 XDL-250 XDS-250	洗涤		90 120 180 250	0.88 1.1 1.54 2.0	8/450 9/450 12/450 16/450	24	34	0.35	107	68	34 40 50 62	0.35 0.38 0.45 0.50	108/1—7 92/1—7 71/1—7 57/1—7	188/2—6 161/2—6 124/2—6 99/2—6	0.35 0.38 0.45 0.50	108/4—10 92/4—10 71/4—10 57/4—10	188/5—9 161/5—9 124/5—9 99/5—9	
XDC-X-2 XDC-T-2	洗涤 脱水		85 20	1.1 0.6	8/450 3/450	24	34	0.35	方形 101×101	68	39 19	0.38 0.25	170/1—6 310/1—6	80/2—5 150/2—5	0.35 0.19	170/4—9 455/4—9	80/5—8 225/5—8	上海先锋电机厂
XTD-40	脱水		40	0.6	3/400	24			方形 108×108	70	20.5	0.27	320		0.21	470		广东中山电机厂
JXX-90B	洗涤		90	1.1	8/450	24	34	0.2	方形 124×124	80	25	0.41	107/1—7	214/2—6	0.41	107/4—10	214/5—9	上海微电机厂

(续)

型号	用途	功率/W 输入	功率/W 输出	工作电流/A	电容器/(μF/V)	槽数 定子	槽数 转子	气隙/mm	定子铁心/mm 外径	定子铁心/mm 内径	定子铁心/mm 叠厚	主绕组 线径/mm	主绕组 大圈/(匝/节距)	主绕组 小圈/(匝/节距)	副绕组 线径/mm	副绕组 大圈/(匝/节距)	副绕组 小圈/(匝/节距)	生产厂
* XPB15-3	洗涤	190	90	1.1	8/450	24	34	0.2	方形 124×124	80	25	0.41	107	214	0.41	107	214	上海微电机厂
* XPB15-4	排水泵	75	20		2/450	12						0.29	729		0.21	942		上海微电机厂
* XQB30 -1 -2	洗涤	300	120		10/450	24						0.47	80	160	0.47	80	160	上海微电机厂
	洗涤	185 220	90 120		8/400	24						0.39 0.42	121 91	209 159	0.39 0.42	121 91	209 159	四川东风电机厂
* XPB15-Ⅱ * XPB15-Ⅲ * XPB20-1S	洗涤	200	90		8/400	24						0.38	170	80	0.38	170	80	上海司其乐洗衣机总厂
* XPB15-1 * XPB20-1S	洗涤	220 230	120		8.5/400	24						0.38	100	200	0.38	100	200	上海方方洗衣机厂
* XPB20-1S	脱水	115	30		3/400	24						0.31	150	300	0.25	215	430	上海方方洗衣机厂
* XPB15-1S	脱水	120	25		3/400	24						0.27	300		0.27	230		上海浪花洗衣机厂
* XPB15-3	洗涤	210	90		8.5/400	24						0.38	175	60	0.38	175	60	上海浪花洗衣机厂
* XPB20	洗涤	240	90		10/400	24						0.40	148	88	0.40	148	88	三明市家用电器厂

注：有“ * ”符号的为代用型号，即洗衣机型号，其余为电动机型号。

附表 1-26　电吹风电热元件及电动机铁心、绕组数据

电动机型式	额定功率 /W	电压 /V	电热丝		电动机			定子			气隙 /mm	转子			
			线径 /mm	电阻 /Ω	输入功率 /W	电流 /A	转速 /(r/min)	线径 /mm	匝数×线圈数	铁心叠厚 /mm		线径 /mm	匝数×线圈数	节距 /槽	电刷规格
串励式	450	220	0.25	120	22.5	0.11	14500	0.10	1800×2	16	0.25	0.08	450×8	1—4	DS4.3×4.3
	550		0.27	105	29	0.15	3500	0.11	1300×2	24	0.30	0.09	300×8	1—4	DS8.3×4.5
	550		0.27	105	28	0.15	3500	0.12	1200×2	20	0.30	0.09	250×8	1—4	DS8.3×4.5
罩极式	450	220	0.27	115	24	0.15	2800	0.14	1700×2	20.5	0.25	2.8	罩极线圈		
	450		0.27	105	25	0.16	2500	0.15	1600×2	19	0.30	2.64			
	550		0.315	100	24	0.26	2800	0.21	2100×2	18	0.30	2.34			
	550		0.31	98	24	0.26	2500	0.21	2300×1	18	0.30	2.34			
永磁式	350	220	0.27	140	10.8①	0.60	8800	永磁		13	0.25	0.12	210×3	1—2	DS2.5×2.5
	500		0.31	98	6②	0.30	5000	0.07～0.08T③		14	0.25	0.13	510×3	1—2	DS2.5×2.5

① 电机 DC18V；

② 电机 DC20V；

③ T 为磁通密度单位特斯拉（$1T = 10^4 GS$）。

附表 1-27　部分单相吸尘器性能及串励电动机铁心、绕组数据

型　号	额定功率/W	电压/V	真空度/Pa	风量/(m^3/min)	定子						电枢					
					外径/mm	内径/mm	叠厚/mm	每极匝数	线圈数	线径/mm	槽数	换向片数	线圈匝数	线圈数	线径/mm	节距/槽
WX-4A	170	220	3500	0.7	56	31	35	297	2	0.31	9	27	44		0.21	
	220		4000	0.8				330		0.31	10	20	50	4	0.21	1—5
BTX-11B	370		8000	1.1	63	34	16	192		0.44		24	25		0.31	
	400		9000	1.25				190		0.53	12	36	22	6	0.38	1—6
	600		14000	1.6				160		0.53		24	23		0.38	1—6
TX8A-62 VC6ZO	620		14000	1.6	88	47	21	160		0.50	22	22	24		0.35	
TX8A-80	800		18000	1.9	95	48	28	200		0.60			18	4	0.40	
	800		18000	1.9				136		0.67	12	24	17		0.47	1—6
TX8A-100 WX-10A	1000		19000	2.0	95	48	34	160		0.70			18		0.50	

附表 1-28　交流电唱机用单相罩极电动机绕组参数

型　　号	额定电压/V	定子绕组线径/mm	绕组匝数	绕组线模尺寸/mm	绕组直流电阻/Ω
201	220	0.17	2500	27.5×17.5×8.5	250
206		0.14	2700		340
C84		0.13	3300	25×16.5×8.5	500

附表 1-29　家用电动缝纫机用单相串励电动机铁心、绕组数据

型　　号	输入功率/W	电压/V	电流/A	转速/(r/min)	铁　心　/mm			磁场绕组		电枢绕组				换向片数	调速方式
					外径	内径	叠厚	线径/mm	每极匝数	线径/mm	槽数	每槽匝数	跨距/槽		
JF6028	60	220	0.3	8000			27	0.23	480	0.15	11	100	1—11	22	电阻
JF8025	80		0.4	5000				0.23	480	0.15		100			
JF1025	100		0.5	7000				0.25	450	0.17		90			
79-40Y75	75	220	0.37	6000	63	35.8	29	0.23	620	0.17	12	70	1—6	24	电阻
79-40Y100	100		0.49	5000			29	0.25	460	0.18		75			
79-40Y130	130		0.63	7200			31	0.27	360	0.19		65			

附表 1-30　单相串励电钻电动机铁心、绕组数据

型　号	电压/V	定子 外径/mm	定子 内径/mm	定子 铁心叠厚/mm	定子 气隙/mm	定子 线径/mm	定子 每极匝数	电枢 槽数	电枢 线径/mm	电枢 每槽线数	电枢 线圈匝数	电枢 绕组节距	电枢 绕组型式	电刷牌号	换向器片数	电刷尺寸/mm
J1Z-6	220	61	35.3	34	0.35	0.31	255	9	0.23	228	38	1—5	叠绕	D374L	27	6×4.3
J1Z-13	36 220	85	46.3	45	0.4	2×0.56 0.50	42 190	9 12	2×0.42 0.38	42 72	7 18	1—5 1—6			27 24	8×6.3
J1Z-19	36 220	102	58.7	46	0.5	3×0.71 2×0.56	25 120	12 15	0.53±0.67 0.47	24 72	6 12	1—6 1—8			24 45	16×5
J1Z-23	220	102	58.7	46	0.5	2×0.56	120	15	0.53	72	12	1—8			45	16×5
□ J1Z2-4	220	56	31	38	0.35	0.33	247	9	0.23	216	36	1—5			27	5.6×4
□ J1Z2-6	220	56	31	38	0.35	0.33	248	9	0.23	216	36	1—5			27	6.5×4
□ J1Z2-10	36 220	62	35	38	0.4	2×0.57 0.42	40 216	9	0.57 0.27	36 192	6 32	1—5			27	6×4.3
□ J1Z2-13	36 220	71	39	50	0.45	3×0.56 0.49	36 185	9 11	2×0.47 0.33	30 120	5 20	1—5 1—6			27 33	8×5
□ J1Z2-16	36 220	90	51	52	0.6	3×0.72 2×0.49	29 134	11 19	2×0.59 0.49	54 52	9 13	1—6 1—10			33 38	12.5×8
□ J1Z2-19	220	90	51	52	0.6	2×0.47	146	19	0.47	56	14	1—10			38	12.5×8
□ J1Z2-23	220	90	51	52	0.6	2×0.56	134	19	0.50	52	13	1—10			38	12.5×8

附表 1-31　单相电剪刀与电冲剪型号、性能及电动机铁心绕组数据

类　别	型　号	最大剪切厚度/mm	额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	刀杆往复次数/(次/min)	工作方式
电剪刀	□ J1J-1.5	1.5	220	1.1	230	3300	100%
	□ J1J-2	2		1.1	230	1200	
	□ J1J2-2.5	2.5		1.57	340	1800	
	□ J1JP-3	3		2.1	430	700	
	□ J1JZ-1.5	1.5		1.2	250	1600	
	□ J1JZ-2	2		1.2	250	1200	
电冲剪	□ J1H-1.3	1.3	220	1.1	230	1260	35%
	□ J1H-2	2		2.4	480	900	25%
	□ J1H-3.2	3.2		3.0	650	900	35%
	□ J1HP-2.5	2.5		2.1	430	700	100%

型　号	定子 外径/mm	定子 内径/mm	定子 铁心叠厚/mm	定子 气隙/mm	定子 线规/mm	定子 每极匝数	电枢 槽数	电枢 每槽线数	电枢 线圈匝数	电枢 绕组节距	电枢 线规/mm	电枢 绕组型式	换向器片数	电刷规格/mm
□ J1JZ-1.5 □ J1JZ-2	56	31	38	0.35	QZ-2 型 ϕ0.33	247	9	216	36	1—5	QZ-2 型 ϕ0.23	叠绕	27	D308L 6.5×4

附表 1-32 单相电动型材切割机的型号、性能及电动机铁心、绕组数据

型号	切割能力/mm				额定电压/V	电流/A	功率/W	砂轮/mm		转速/(r/min)	工作方式
	角钢	槽钢	圆钢	钢管				直径	厚度		
回 J1GP-300	80×10		φ30	φ90×6	220	7.5	1550	300	3	3760	60%
回 J1GZ-300	80×10		φ30	φ90×6		7.5	1550	300	3	3760	
J1G-400	100×10	120×53	φ50	φ136×6		16.5	2200	400	3	2900	

型号	定子						电枢						换向器片数	电刷规格/mm
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	槽数	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	线规/mm	绕组型式		
回 J1GP-300 回 J1GZ-300	90	51	72	0.6	QZ-2 型 2×φ0.64	82	19	32	8	1—10	QZ-2 型 φ0.64	单叠	38	D374L 8×12.5
日本 2414-355	95	50.5	70		0.89	80	12	54	9	1—6	0.57		36	

附表 1-33 单相电动曲线锯的型号、性能及电动机铁心、绕组数据

型号	最大锯割厚度/mm		额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	锯条往复次数/(次/min)	锯条往复行程/mm	工作方式
	钢板	木板						
回 J1QZ-3	3	40	220	1.2	250	1600	25	100%

型号	定子						电枢						换向器片数	电刷规格/mm
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	槽数	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	线规/mm	绕组型式		
回 J1QZ-3	56	31	38	0.35	QZ-2 型 φ0.33	247	9	216	36	1—5	QZ-2 型 φ0.23	叠绕	27	D308L 6.5×4

附表 1-34 单相电动攻丝机和套丝机的性能及电动机铁心、绕组数据

型号	工作类型	攻丝范围/mm	额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	顺/逆转速/(r/min)	工作方式	重量/kg
回 J1S-8	攻丝	M4 ~ M8	36	6.7	230	270/580		1.8
			220	1.3				
回 J1S-12		M6 ~ M12	220	2.71	567	250/560		3.7
回 Z1T-50	套丝	1/2″ ~ 2″	220	3.18	660	10	40%	

型号	定子						电枢						换向器片数	电刷规格/mm
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	槽数	每槽线数	线圈匝数	线规/mm	绕组型式	节距		
回 J1S-8	56	31	38	0.35	QZ-2 φ0.35	240	9	186	31	QZ-2 φ0.25	叠绕	1—5	27	D374L 6.5×4
回 J1S-12	71	39	52	0.55	QZ-2 φ0.55	138	11	102	17	QZ-2 φ0.38		1—6	33	D374L 8×5

附表 1-35　单相电动砂轮机电动机铁心、绕组数据

型号		定子						电枢						电刷
		外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	槽数	线规/mm	每槽线数	线圈匝数	线圈节距	换向片数	牌号与规格/mm
角向磨光	□ S1MJ-100	56	31	55	0.35	QZ-2 ϕ0.41	175	9	QZ-2 ϕ0.29	150	25	1—5	27	D374L 4×6.5
	□ S1MJ-125	71	39	52	0.45	QZ-2 ϕ0.55	138	11	QZ-2 ϕ0.38	102	12	1—6	33	D374L 5×8
	□ S1MJ-180 □ S1MJ-230	90	51	76	0.60	QZ-2 2×ϕ0.64	80	19	QZ-2 ϕ0.64	32	8	1—10	38	D374L 5.5×16

附表 1-36　单相电动扳手电动机铁心、绕组数据

型号	定子						电枢						电刷	
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	槽数	线规/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	牌号	尺寸/mm
□ P1B-8	56	31	38	0.4	QZ 0.29	281	9	QZ 0.21	270	45	1—5	27		4×6.3
□ P1B-12	56	31	38	0.45	QZ 0.29	317	9	QZ 0.19	318	53	1—5	27		4×6.3
□ P1B-16	71	39	44	0.6	QZ 0.41	212	11	QZ 0.29	162	27	1—6	33	DS7	4.5×8
□ P1B-20	80	45	42	0.55	QZ 0.55	173	11	QZ 0.38	144	24	1—6	33		4.5×10.5
□ P1B-24	80	45	60	0.55	QZ 2×0.44	136	11	QZ 0.47	96	16	1—6	33		4.5×10.5

附表 1-37　单相电动拉铆机型号、性能及电动机铁心、绕组数据

型号	适用铆钉/mm	额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	最大拉力/N	重量/kg
□ P1M-5	≤5	220	1.39	280	7500	2

型号	定子						电枢					电刷	
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	槽数	线径/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	规格/mm
□ P1M-5	56	31	38	0.35	0.35	240	9	0.25	186	31	1—5	27	D374L 6.5×4

附表 1-38　单相木工电圆锯性能及电动机铁心、绕组数据

型号	锯片尺寸/mm 外径×内径×厚度	最大锯割深度/mm	电压/V	额定电流/A	输入功率/W	额定转速/(r/min)	锯片倾角/(°)	工作方式
□ M1YJ-110	110×16×1	20		1.75	370	10000		100%
□ M1Y-200	200×25×1.4	65		4.85	1000	4400	0°—45°	
□ M1Y-250	250×25×1.4	85	220	6	1250	3400		40%
□ M1Y-300	300×25×1.4	105		7	1500	3200		

（续）

型号	定子 外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线径/mm	每极匝数	电枢 槽数	线径/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	电刷 规格/mm
□ M1Y-200	90	51	54	0.6	2×0.13	119	19	0.55	40	10	1—10	38	D374L
□ M1Y-250			64		2×0.59	96		0.59	36	9			
□ M1Y-300			72		2×0.64	82		0.64	32	8			12.5×8

附表 1-39 单相木工电刨性能及电动机铁心、绕组数据

型号	刨刀宽/mm	最大刨削深度/mm	额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	刀轴转速/(r/min)	工作方式
□ M1B-60/1	60	1	220	1.95	395	12500	断续
□ M1B-8/1	80	2		3.16	640	11000	
□ M1B-80/2				3.16	647	10000	
□ M1B-80/2					800	11000	

型号	定子 外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	电枢 槽数	线规/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	电刷 规格/mm
□ M1B-60/1	62	35	42	0.45	QZ-2 ϕ0.41	210	9	QZ-2 ϕ0.29	168	28	1—5	27	D374L 6.5×4
□ M1B-80/2	80	45	48	0.50	QZ-2 ϕ0.59	144	11	QZ-2 ϕ0.44	102	17	1—6	33	D374L 8×6.3

附表 1-40 单相冲击电钻性能及电动机铁心、绕组数据

型号	最大孔径/mm 钢铁	混凝土	额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	额定转速/(r/min)	冲击次数/(次/min)	工作方式
Z1J-12	8	12	220	1.6	350	750	11000	35%
□ Z1J-10	6	10		1.2,1.4	250,290	1200	24000,18000	
□ Z1JC-16	10	16		1.6	320	1500,700	30000,14000	
□ Z1JS-16	6,10	12,16		1.86	390	700,1930	10500,28450	
□ Z1JH-16	13	16		2.1	430(输出)	585	10000	100%
□ Z1J-20	13	20		2.7	600	800	8000	

型号	定子 外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线径/mm	每极匝数	电枢 槽数	线径/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	电刷 规格/mm
□ Z1J-10	56	31	38	0.35	0.35	240	9	0.25	186	31	1—5	27	4×6.5
Z1J-12	62	35	38	0.45	0.35	240		0.28	192	32			4.3×6
□ Z1J-16	62	34.1	38	0.35	0.42	200		0.29	162	27			4×6.5

附表 1-41　单相电锤性能及电动机铁心、绕组数据

型　号	最大混凝土孔径/mm	额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	主轴转速/(r/min)	冲击次数/(次/min)	工作方式
回 Z1C-16	16		2.3	480	560	2950	
回 Z1C-22	22		2.5	530	370	2850	
回 Z1C-26	26	220	2.5	520	300	2650	100%
回 Z1C-38	38		3.7	800	380	3200	

型　号	定　子						电　枢					电　刷	
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线径/mm	每极匝数	槽数	线径/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	规格/mm
回 Z1C-16	71	40	36		0.47	180		0.35	40	20		33	
回 Z1C-22	71	39	56	0.45	0.50	190	11	0.38	96	24	1—6	22	8×5
回 Z1C-26	80	45	42		0.57	160		0.41	32	16		33	

附表 1-42　单相电动湿式磨光机性能及电动机铁心、绕组数据

型　号	砂轮尺寸/mm 外径×内径×厚度	电　压/V	额定电流/A	输入功率/W	空载转速/(r/min)	额定转矩/(N·cm)	砂轮安全线速/(m/s)	工作方式
回 Z1M-80	80×13×54	220	1.75	370	3000	9.5	10	100%
回 Z1M-100	100×40×42		2.71	580	2500	2.85		

型　号	定　子						电　枢					电　刷	
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线径/mm	每极匝数	槽数	线径/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	规格/mm
回 Z1M-80	56	31	55	0.35	0.41	175	9	0.29	150	25	1—5	27	4×6.5
回 Z1M-100	71	39	52	0.45	0.55	138	11	0.38	102	12	1—6	33	5×8

附表 1-43　单相插入式混凝土电动振动器性能及电动机铁心、绕组数据

型　号	振动棒直径/mm	额定电压/V	额定电流/A	额定功率/W	空载振频/(次/min)	振　幅/mm	工作方式
ZP-25	26				15000	0.5	40%
ZP-35	36	220	4.09	800	14000	0.8	100%
ZP-50	48				13000	1.1	40%

型　号	定　子						电　枢					电　刷	
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线径/mm	每极匝数	槽数	线径/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	规格/mm
ZP-25													
ZP-35	90	51	52	0.6	2×0.47	146	19	0.47	56	14	1—10	38	12.5×8
ZP-50													

附表 1-44　单相石膏电锯的技术性能及电动机铁心、绕组数据

额定			电源频率/Hz	锯片空载往复次数/(次/min)	工作方式
功率/W	电压/V	电流/A			
120	220	0.65	50(或直流)	28000	40%

定子						电枢						电刷	
外径	内径	铁心叠厚	气隙	线径	每极匝数	槽数	线径/mm	每槽线数	线圈匝数	线圈节距	换向片数	牌号	规格/mm
/mm													
61	35.3	34	0.35	0.31	255	9	0.23	228	38	1—5	27	D374L	6×4.3

附表 1-45　QD 型单相潜水泵电容分相电动机性能及铁心、绕组数据

型号	功率/W	电压/V	电流/A	功率因数	整机效率(%)	极数	定子铁心/mm			
							外径	内径	叠厚	槽数
QD3-15J QD6-9J QD7.8-6.5J	400	220	3.9	0.74	19.5	2	125	65	60	24

	绕组型式	线圈节距	线圈匝数	线径/mm	每台线重/kg
主绕组	B型 正弦绕组	1—12,2—11, 3—10,4—9	43,40 35,26	0.80	0.6
副绕组	B型 正弦绕组	7—18,8—17, 9—16,10—15	60,56 48,36	0.55	0.31

附表 1-46　窗式、挂壁式、柜式空调器型号、规格性能指标

型式	型号	制冷(热)量/W	规格/BTU	额定电流/A	输入功率/W	总重量/kg 室内/室外	备注
窗机	KC-20	2000	6800	4.1	840	44	单冷型
	KC-25	2500	8500	4.9	1000	44	单冷型
	KC-32	3200	11000	6.0	1400	57	单冷型
	KC-45	4500	15000	9.5	2000	57	单冷型
	KC-50	5000	17000	11.5	2300	7.5	单冷型
	KC-60	6000	20500	13.5	2700	83	单冷型
	KC-65	6500	22000	14.7	2950	85	单冷型
挂壁机	KF-25GW	2500	8500	4.2	960	10/42	单冷型
	KFR-25GW	2500 2850	8500	4.2	960	10/43	热泵型
	KFR-25GW/D	2500 2850+800	8500	4.2+3.6	960+800	11/43	热泵型+电加热
	KF-32GW	3200	11000	5.3	1280	12/44	单冷型
	KFR-32GW	3200 3600	1100	5.3	1280	12/46	热泵型
	KFR-32GW/D	3200 3600+800	1100	5.3+3.6	1280+800	13/46	热泵型+电加热
	KF-35GW	3500	12000	5.9	1350	13/45	单冷型

（续）

型式	型　号	制冷(热)量/W	规　格/BTU	额定电流/A	输入功率/W	总重量/kg 室内/室外	备　注
挂壁机	KFR-35GW	3500 3900	12000	5.9	1350	13/47	热泵型
	KFR-35GW/D	3500 3900+800	12000	5.9+3.6	1350+800	14/47	热泵型+电加热
	KF-50GW	5000	17000	10.0	2100	10/49	单冷型
立柜机	KFR-60GW	6000 6200	20500	12.0	2600	18/49	热泵型
	KFR-70GW	7000	23500	14.5	3200	20/52	单冷型
	KFR-45LW	4500 5000+1200	15000	8.7+4.8	1850+1200	42/52	热泵型+电加热
	KFR-50LW/D	5000 5200+1200	17000	9.5+4.8	2050+1200	42/54	热泵型+电加热
	KFR-60LW/D	6000 6200+1200	20500	12+4.8	2600+1200	43/56	热泵型+电加热
	KFR-71LW/D	7100 7500+1200	24000	14.5+4.8	3200+1200	50/79	热泵型+电加热
	KFR-120LW/D	1200 1200+2500	40500	8.5+11.4	5000+2500	60/120	热泵型+电加热

附表1-47　部分YFK系列风扇电动机性能指标

类别	型　号	功率/W	电压/V	电流/A	频率/Hz	极数	转速/(r/min)			噪声/dB(A)	效率(%)	电容/μF	适用配套机型
							H	M	L				
室外机	YFK94-25/4	25	220	0.32	50	4	1050			45	>42	1.2	1P
	YFK94-35/4	35	220	0.40	50	4	1260			45	>50	2	1.5P 3P二拖
	YFK94-25/6	25	220	0.40	50	6	820			45	>52	1.2	1.5P
	YFK94-35/6	35	220	0.40	50	6	850			45	>52	3	2P外机
	YFK118-40/6	40	220	0.42	50	6	860			45	>52	4	3P、5P
	YFK120-35/6	35	220	0.40	50	6	800			45	>52	3	2P
	YFK120-40/6	40	220	0.45	50	6	800			45	>52	4	3P
	YFK140-65/6	65	220	0.65	50	6	820			45	>52	6	3.5P

（续）

类别	型　　号	功率/W	电压/V	电流/A	频率/Hz	极数	转速/(r/min) H	转速/(r/min) M	转速/(r/min) L	噪声/dB(A)	效率(%)	电容/μF	适用配套机型
室内机	YFK118-50/6	50	220	0.50	50	6	860	770	650	42	>55	2	KC35 1.5P 窗式
	YFK118-150/6	150	220	0.90	50	6	450	400	300	42	>55	8	KC60 3P
	YFK118-30/8	30	220	0.50	50	8	470	380	300	42	>35	3/3.5	2P
	YFK118-50/8	50	220	0.60	50	8	380	280	230	42	>35	4	3P
	YFK122-35/8	35	220	0.45	50	8	480	410	360	42	>35	3.5	2P
	YFK140-90/8	90	220	1.0	50	8	380	300	250	42	>40	5	5P
	YFK140-50/8	50	220	0.85	50	8	380	330	290	42	>40	4.5	3P
	YFK140-110/8	110	220	1.6	50	8	490	430	380	42	>45	7	5P

附表 1-48　YDK 系列风扇电动机(塑封)性能指标

型　　号	功率/W	电压V	频率/Hz	电流/A	极数	转　速/(r/min)	噪声/dB(A)	电　容/(μF/450V)
YDK-4A(Ⅰ)	6	220	50	0.13	4	880~1310	<35	0.6
YDK-4B(Ⅰ)	10	220	50	0.16	4	880~1310	<35	1.0
YDK-4C(Ⅰ)	12	220	50/60	0.19	4	880~1310	<35	1.2
YDK-4D(Ⅱ)	15	220	50/60	0.23	4	880~1340	<35	1.2
YDK-4E(Ⅱ)	18	220	50/60	0.25	4	880~1340	<35	1.5
YDK-4F(Ⅱ)	20	220	50/60	0.26	4	880~1340	<35	2
YDK20-4	20	220	50	0.22	4	800~1340	<42	1
YDK25-4	25	220	50	0.25	4	800~1340	<42	1
YDK30-4	30	220	50	0.27	4	800~1340	<42	1.5
YDK35-4	35	220	50	0.3	4	800~1340	<42	2
YDK41-4	41	220	50	0.32	4	800~1340	<42	2

附表 1-49　部分 YFK 系列风扇电动机规格技术参数

型　号	功率 /W	电压 /V	极数	定子铁心				定　子　绕　组		图　示	电容 /μF	适用配套机型
				外径 /mm	内径 /mm	长度 /mm	槽数	主　相	副　相			
								匝数/线径/mm				
YFK94-25/4	25	220	4	ϕ94	ϕ56	25	24	280 + 380/0.25	375 + 515/0.17	主绕组 C 热保护器125°C 辅绕组	1.2	1P
YFK94-35/4	35	220	4	ϕ94	ϕ56	25	24	265 + 370/0.23	290 + 395/0.21		2	1.5P
YFK94-25/6	25	220	6	ϕ94	ϕ56	25	24	470/0.23	620/0.19		2	1.5P
YFK94-35/6	35	220	6	ϕ94	ϕ56	35	24	345/0.27	480/0.23		2.5	2P
YFK120-35/6	35	220	6	ϕ120	ϕ77	20	24	400/0.29	535/0.25		3	2P
YFK120-40/6	40	220	6	ϕ120	ϕ77	25	24	310/0.33	320/0.33		5	3P
YFK118-50/6	50	220	6	ϕ118	ϕ77	25	24	390/0.29	450/0.25		3	5P
										热保护器125°C 主绕组 C 辅绕组		
YFK118-30/8	30	220	8	ϕ118	ϕ77	25	24	310/0.23	105 + 45 + 280/0.21		3	2P
YFK118-50/8	50	220	8	ϕ118	ϕ77	32	24	285 + 45 + 45/0.31 + 0.23 + 0.23	310/0.23		4	3P
YFK140-90/8	90	220	8	ϕ140	ϕ87	50	36	140/0.41	50 + 30 + 165/0.35		5	5P
YFK140-50/8	50	220	8	ϕ140	ϕ87	24	36	270/0.38	65 + 45 + 280/0.33		4.5	3P
YFK140-110/8	50	220	8	ϕ140	ϕ87	40	36	170/0.49	35 + 35 + 195/0.38		7	5P

参考文献

［1］ 机械工程手册电机工程手册编辑委员会．电机工程手册：第22篇驱动微电机［M］．北京：机械工业出版社，1980年．

［2］ 机械工程手册电机工程手册编辑委员会．电机工程手册：第36篇电动工具［M］．北京：机械工业出版社，1980年．

［3］ 机械工程手册电机工程手册编辑委员会．电机工程手册：第38篇日用电器［M］．北京：机械工业出版社，1980年．

［4］ 国家机械工业局．机械产品目录：第21分册控制微电机、分马力电机、日用电器、电动工具［M］．北京：机械工业出版社，1986年．

［5］ 上海电器科学研究所．中小型电机标准汇编［S］．北京：技术标准出版社，1980年．

［6］ 上海微电机研究所．微特电机设计程序［M］．上海：上海科学技术出版社，1983年．

［7］ 第二届国际微特电机会议论文微特电机译文集［C］．北京：电子工业部微电机专业科技情报网，1982年．

［8］ 陈碧秀，等．实用中小型电机手册［M］．沈阳：辽宁科学技术出版社，1987年．

［9］ 哈尔滨电机制造学校．电机制造工艺学［M］．北京：机械工业出版社，1980年．

［10］ 家用电器维修指南丛书编写组．日常家用电器设备的使用与维修［M］．广州：广东科技出版社，1986年．

［11］ 刘志华．家用电冰箱原理与维修［M］．北京：知识出版社，1986年．

第二章　小功率三相异步电动机修理

第一节　小功率三相异步电动机概述

小功率三相异步电动机是三相异步电动机中的一个大类（折算至1500r/min时，其连续额定功率不超过1.1kW）。人们曾把小功率电动机称为分马力电动机。

一、小功率三相异步电动机[㊀]的用途、分类及型号

（一）用途

小功率三相异步电动机由于起动转矩大，力能指标高，可逆转，结构简单，成本低，噪声低等特点，被广泛应用于各种机床、电动工具、医疗器械、电子仪器、家用电器、小型风机、水泵、油泵等设备。

由于不同应用场合的需要，小功率三相异步电动机被制成各种品种，它们是：小功率三相双速异步电动机；小功率三相多速异步电动机；小功率三相防爆异步电动机；小功率三相减振、低噪声异步电动机；小功率三相油泵异步电动机；小功率三相风机异步电动机；小功率三相异步傍磁式快速制动电动机；小功率三相离合器异步电动机；小功率三相异步力矩电动机；小功率三相异步液压推动电动机；小功率三相短时运转异步电动机；小功率三相齿轮减速异步电动机。

随着国民经济发展的需求，小功率三相异步电动机的生产迅速发展。近几年来，国内许多生产厂引进、消化、吸收国外先进的制造技术和自动化生产设备，使产品的产量大幅度上升，品种、规格也得到迅猛地增加。

（二）分类

1. 按电动机的外壳结构型式分类

可分为铸铁结构；铸铝结构；钢板结构；工程塑料结构。

2. 按电动机安装型式分类

电机安装型式通常用代号表示。代号采用国际安装（International Mounting）的缩写字母即IM表示，在IM后的第一个字母表示安装类型代号，B表示卧式安装，V表示立式安装；第二位数字表示特征代号，用阿拉伯数字表示。

对于全国统一设计的AO2系列小功率三相异步电动机主要有以下四种基本型式：

（1）IMB33型　机座有底脚，端盖上无凸缘；

（2）IMB34型　机座有底脚，端盖上有小凸缘，轴伸在凸缘端；

（3）IMB14型　机座无底脚，端盖上有小凸缘，轴伸在凸缘端；

（4）IMB5型　机座无底脚，端盖上有大凸缘，轴伸在凸缘端。

对于立式及其他型式（如柱架式等）可参考GB/T997—1981《电机结构及安装型式代号》的规定。

3. 按电动机防护型式分类

略（请参阅《三相交流电动机修理》）。

4. 按电动机通风冷却方式分类

小功率三相异步电动机最常用的有自扇冷式和自冷式两种。

5. 按电动机运行工作制分类

略（请参阅《三相交流电动机修理》）。

6. 电动机的防护等级

略（请参阅《三相交流电动机修理》）。

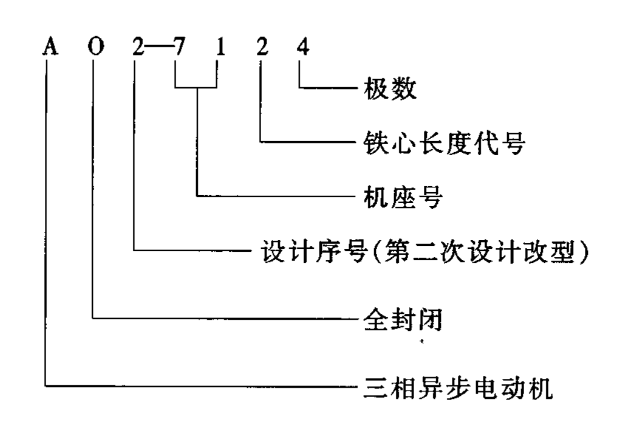
（三）产品型号

本内容可参阅《三相交流电动机修理》。

下面把AO2系列小功率三相异步电动机型号的组成作为典型例子作一介绍。

由于历史原因，小功率三相异步电动机的产品型号比较离散，所以对其他系列的小功率三相异步电动机（如A1，JW，JWD，JWF，90A，…），在选用时可参考有关的样本和企标。

㊀ 本章的异步电动机专指感应电动机。



二、小功率三相异步电动机的选择原则

小功率三相异步电动机发生故障的原因之一是与能否正确选用电动机有关。所谓正确选用就是指负载性质和工况条件能否与所选用的小功率三相异步电动机的技术特性参数相匹配，使它能在规定的特性范围内正常运行。

选用小功率三相异步电动机的原则是：在适合生产机械负载要求的前提下，合理地确定电动机的结构类型和技术特性参数，力求提高运行效率及降低成本费用。

选用小功率三相异步电动机必须做到以下两个方面：

（一）搞清负载的机械特性和工况条件

判断负载所属的种类（摩擦负载、加速负载、重力负载、流体负载）和特性（典型负载的负载特性请参阅表 2-1）及了解负载要求（负载的工作制、起动频度、转速、起动转矩、负载的转动惯量、起制动方式、正反转要求、环境条件、安装方式和联接方式）。

（二）选定适应负载运行条件的小功率三相异步电动机

对所选择的小功率三相异步电动机必须满足负载的各种要求，即：

（1）电动机的机械特性与负载特性相吻合，也就是转矩或功率—转速特性曲线相吻合。典型负载的负载特性曲线可参见表 2-1。

表 2-1　典型负载的负载特性

负载特性	转矩或功率—转速特性曲线	转矩或功率与转速之间的关系		负载实例
		转矩与转速关系	功率与转速关系	
恒功率	P,T；恒功率；P；T；0；n	转矩与转速成反比 $T \propto \frac{1}{n}$	轴功率恒定 P = 恒定	绕线机、卷绕机、压延机、平衡机、恒切削机床
变功率	P,T；递减功率；P；T；0；n	转矩随转速的降低而增大	轴功率随转速的降低而减小	制板机械、各种金属切削机床

（续）

负载特性	转矩或功率—转速特性曲线	转矩或功率与转速之间的关系		负载实例
		转矩与转速关系	功率与转速关系	
恒转矩	P,T 恒转矩 P T 0 n	转矩不变 $T=$恒定	轴功率与转速成正比 $P\propto n$	输送机、造纸机、研磨机、印刷机、压缩机、纺织机、轧钢机、搅拌机、木工机械等摩擦负载和重力负载
变转矩	P,T 递减转矩 P T 0 n	转矩与转速的平方成正比 $T\propto n^2$	轴功率与转速的立方成正比 $P\propto n^3$	鼓风机等风机及水泵等泵类流体负载
负转矩	0 n 负转矩 T P P,T	电动机由负载反向转动产生的工作转矩		电梯、卷扬机、起重机、运货机的重物下吊
惯性体		负载的转动惯量比电动机的转动惯量大得多		高速鼓风机、离心分离机

（2）对电动机起动（堵转）转矩和最大转矩要求　电动机的起动（堵转）转矩和最大转矩要大于负载所要求的起动转矩和最大转矩。

在额定电压下要求电动机的最小转矩大于负载转矩。表 2-2 列出了典型负载所需起动（堵转）转矩和最大转矩的参考值。

（3）电动机转速要根据负载是否需要调速来决定　对不需要调速的负载可选用相应转速的电动机；对需要调速的负载，电动机的额定转速应与负载最高转速相适应；同时调速精度应满足负载的静转差率要求，调速方式也要相适应。

（4）电动机的工作制要与负载的工作制相符合　不应将连续工作制的电动机用于相同功率短时工作制负载，因为这样做不经济。若采用短时工作制的电动机就显得十分合理。

（5）电动机的功率要满足负载要求　必须指出，电动机的功率选择极其重要，因为它直接关系到电动机运行的可靠性、安全性及投资费用、运行的经济性。一般情况下，电动机的负载率（负载功率/电动机额定功率）应在 0.75～0.9 范围内。因此，在选择电动机额定功率时，需要留有一定的备用余量。

电动机所需功率以下式为基础：

$$P=\frac{Fl}{102t}=\frac{Fv}{102}\ (\mathrm{kW})$$

或

$$P=\frac{Tn}{9555}\ (\mathrm{kW})$$

式中　P——功率，kW；

F——力，N；

t——时间，s；

l——沿受力方向位移，m；

v——速度，m/s；

T——转矩，N·m；

n——转速，r/min。

通常，用户按负载图和负载工作制的要求来计算电动机额定功率。通过校核电动机发热、最小转矩、允许的最大飞轮力矩和过载转矩来确定电动机功率。

在计算电动机功率时还应注意以下负载情况：

1）负载是恒定的还是变动的　对于变负载可用方均根法或平均损耗法计算出等效负载功率。

2）断续周期性负载还是短时恒定负载　对于断续周期性负载按负载持续率计算出等效负载功率；对于短时恒定负载应选用短时工作制电动机，电动机短时额定时间应大于负载短时工作时间。一些典型负载所需功率的计算方法见表 2-3。

表 2-2　典型负载与起动（堵转）转矩、最大转矩参考值

类别	负载机械种类	起动（堵转）转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
冶金机械	轧机 粗轧机、钢板轧机、扩管轧机 线材轧机 黄铜及铜加工轧机 其他各种轧机	0.4 1.0 1.5 0.4～0.6	2.4～2.6 2.2 2.2 2.2
煤矿机械	采煤机 装载机 运输机	1.8～2.5 2～2.8 1.6～2.0	2～2.7 2.8 1.8～2.2
发电机组	150kW 以上的直流发电机组 其他发电机组	0.2 0.2	2.0 1.5
鼓风机	各种鼓风机	0.3～0.4	1.3～1.5
空气压缩机	各种空气压缩机	0.3～0.6	1.0～1.5
泵类	无分流的三筒式往复泵 其他各类泵	1.5 0.4～0.6	1.5 1.5
造纸机械	搅拌器（标准）、粉碎机、连续型液压浆料 粉碎机（空载起动） （1）碾磨机和排气风扇（共用电动机） （2）碾磨机（单独驱动） 搅拌器（粉碎机） 卷纸机（空载起动） 其他造纸机械	1.25 1.05 1.75 1.25 0.6 0.4～0.5	1.4 1.6 1.5 1.8 2.2 1.4
木工机械	各类木工机械，如各种锯用	0.4～0.6	2.2
水泥机械	管磨机（球磨机）	1.4	1.6
各种粉碎机（除碎铁机外）	谷物碾磨机 球磨机（煤、岩石） 球磨机（矿石） 带式碾磨机 球磨机（碎煤，空载起动） （1）共用电动机（碾磨机和排气风扇） （2）单独驱动（碾磨机）	1.0 1.4 1.5 0.4 0.9 1.4	1.6 1.6 1.6 2.2 1.4 2.2

（续）

类别	负载机械种类	$\frac{\text{起动（堵转）转矩}}{\text{额定转矩}}$	$\frac{\text{最大转矩}}{\text{额定转矩}}$
各种粉碎机（除碎铁机外）	碎矿机（空载起动）	1.0	2.2
	圆锥式破碎机（空载起动）	1.0	2.2
	回转破碎机（空载起动）	1.0	2.2
	爪式破碎机（空载起动）	1.5	2.2
	滚筒式破碎机（空载起动）	1.5	2.2
	锤碎机（空载起动）	1.0	2.2
	地面破碎机	1.75	1.3
	棒磨机（矿石）	1.6	1.6
其他机械	密闭式混练机	1.25	2.2～2.5
	橡胶磨机	1.25	2.2～2.5
	整形机	1.25	2.2～2.5

表 2-3　典型负载所需配用电动机功率的计算方法

类别	负载机械种类	电动机功率计算公式	符号说明及单位
风机	离心式通风机 轴流式通风机	$P_N \geq \frac{KQP}{10.4\eta\eta_c}$	Q——送风量，m^3/s P——空气压力，Pa η_c——传动效率 电机直联 1.0 联轴器 0.98 减速器 0.95 传动带 0.92 η——风机效率，因叶轮参数而异 叶轮前向 多叶 η＝0.6～0.78 窄轮 η＝0.7～0.88 叶轮径向 直板 η＝0.7～0.88 前弯 η＝0.7～0.88 叶轮后向 平板 η＝0.75～0.9 机翼 η＝0.75～0.92 K——余量系数 功率 1kW 以下，K＝2 1～2kW，K＝1.5 2～5kW，K＝1.25 5kW 以上，K＝1.05～1.2 除风机效率视情况而定外，其他同上
	透平式鼓风机	$P_N \geq \frac{KGH_{Pol}}{10.4\eta_{Pol}\eta_m}$	G——质量流量，kg/s H_{Pol}——多头能量头，N·m/kg η_{Pol}——多级效率 η_m——机组机械效率 0.96～0.98 K——余量系数，K＝1.1

（续）

类别	负载机械种类	电动机功率计算公式	符号说明及单位
泵类	离心式泵、 轴流式泵、 旋涡泵	$P_N \geq K\frac{rQ\ (H+\Delta H)}{102\eta\eta_c}$ （kW）	r——液体密度，水的 $r=1$，kg/m^3 Q——泵的流量（排水量），m^3/s H——水头，m ΔH——总管损失水头，m η——水泵的效率，一般为 0.6～0.84 η_c——传动效率，与电动机直接连接时，$\eta_c=1$ K——余量系数，视功率而定
	离心式泵、 轴流式泵、旋涡泵	$P_N \geq K\frac{rQ\ (H+\Delta H)}{102\eta\eta_c}$ （kW）	功率 2kW 以下，$K=1.7$ 2～5kW，$K=1.5$～1.3 5～50kW，$K=1.15$～1.1 50～100kW，$K=1.08$～1.05
	往复泵	$P_N \geq K\frac{OP}{10.4\eta}$ （kW）	Q——流量，m^2/s P——全压力，Pa η——总效率 电动泵 $\eta=0.6$～0.9 K——余量系数 功率 4kW 以下，$K=1.2$～1.5 4kW 以上，$K=1.05$～1.2
	螺杆泵、齿轮泵	$P_N = K\frac{QP}{62.4\eta}$ （kW） $\eta=\eta_v \cdot \eta_m$	Q——流量，L/min P——进出口压力差，$P=P_2-P_1$，Pa P_2——排出压力，Pa P_1——吸入压力，Pa η——效率 η_v——容积效率，$\eta_v=0.75$～0.95 η_m——机械效率，$\eta_m=0.65$～0.95 K——余量系数，取值同往复泵
	液环泵	$P_N \geq \frac{3.763P_1Q_s}{\eta}\lg\frac{P_2}{P_1}$ （kW）	Q_s——气量，m^3/min η——效率，$\eta=0.3$～0.5 其他同螺杆泵
	容积真空泵 1. 旋片真空泵 2. 滑阀真空泵	$P_N \geq \frac{K \cdot P_{cmax}}{\eta\eta_c}$ （kW） $P_{cmax}=10^{-6}S_j\frac{P_2}{1/m^{m-1}}$ （kW） $P_N \geq K \cdot P_{cmax}$ （kW） $P_{cmax}=10^{-6}\ (P_{2max}-P_1)\ S_j$ （kW）	P_{cmax}——泵最大传动压力，Pa P_2——泵排气口处的排气压力，Pa m——多变指数，对空气 $1<m<1.4$ η——泵的最大机械效率，对旋片真空泵单级泵 $\eta=$ 0.45～0.5 双级泵 $\eta=0.4$～0.45 η_c——传动效率同离心泵 S_j——几何抽速，1/s K——余量系数，$K=1.2$～1.5 P_{2max}——泵正常工作时最大排气压力，Pa P_1——泵在 P_{2max} 下的吸气口压力，Pa K——余量系数，$K=1.5$～2.5

（续）

类别	负载机械种类	电动机功率计算公式	符号说明及单位
压缩机	1. 活塞式压缩机 2. 螺杆式压缩机 3. 片式压缩机	$P_N \geqslant K\frac{P_{id}}{\eta\eta_c}$（kW）	P_{id}——压缩机的指示功率，kW K——余量系数，$K=1.05\sim1.15$ η——压缩机的效率，$\eta=0.8\sim0.95$ η_c——传动效率 皮带传动 $\eta_c=0.96\sim0.99$ 齿轮传动 $\eta_c=0.97\sim0.99$ $\eta=0.95\sim0.98$（螺杆式） $\eta=0.7\sim0.75$（片式） 其他同上
	4. 罗茨式鼓风机	$P_N \geqslant K\cdot1.61\times10^5\frac{V\cdot(P_2-P_1)}{\lambda\cdot\eta\cdot\eta_c}$（kW）	V——排气量，m^3/s P_1——进气压力，Pa P_2——排气压力，Pa λ——排气系数 0.6～0.9 η——机械效率 0.87～0.94 其他同上
	5. 离心式压缩机	$P_N \geqslant \frac{KQ}{10.4\eta}\frac{A_d+A_r}{2}$（kW）	Q——压缩机生产率，m^3/s A_d——压缩 $1m^3$ 空气量至绝对压力 P_1 的等温功，N·m A_r——压缩 $1m^3$ 空气量至绝对压力 P_1 的绝热功，N·m η——总效率，$\eta=0.62\sim0.8$ K——同上
金属切削机床	1. 主轴传动电动机	$P_N \geqslant \frac{T_L n_N}{9550}$（kW）（不调速） $P_N \geqslant \frac{P_{max}}{\eta_{min}}$（kW）	T_L——电动机负载转矩，N·m n_N——电动额定转速，r/min P_{max}——机床最大切削功率，kW η_{min}——传动最低效率（采用多速电动机）
	2. 进给传动电动机	$P_N \geqslant \frac{F_\Sigma v_{max}}{59976\eta_c}$（kW） $T_N \geqslant T_L$（N·m）	v_{max}——最大进给速度，m/min F_Σ——进给运动的总阻力，N η_c——进给传动效率（不调速） T_N——电机额定转矩，N·m T_L——电机负载转矩，N·m（采用多速电动机）
	3. 辅助传动电动机	$P_N \geqslant \frac{G\mu v}{624.5\eta_c}$（kW） $T_{st} > T_{LS}$ $T_{LS}=\frac{975G\mu_0 v}{6120n\eta}$（N·m）	G——移动件的重量，N v——移动速度，m/min μ——动摩擦系数 T_{st}——电动机起动转矩，N·m T_{LS}——负载起动转矩，N·m μ_0——静摩擦系数 n——电动机转速，r/min η_c——传动效率

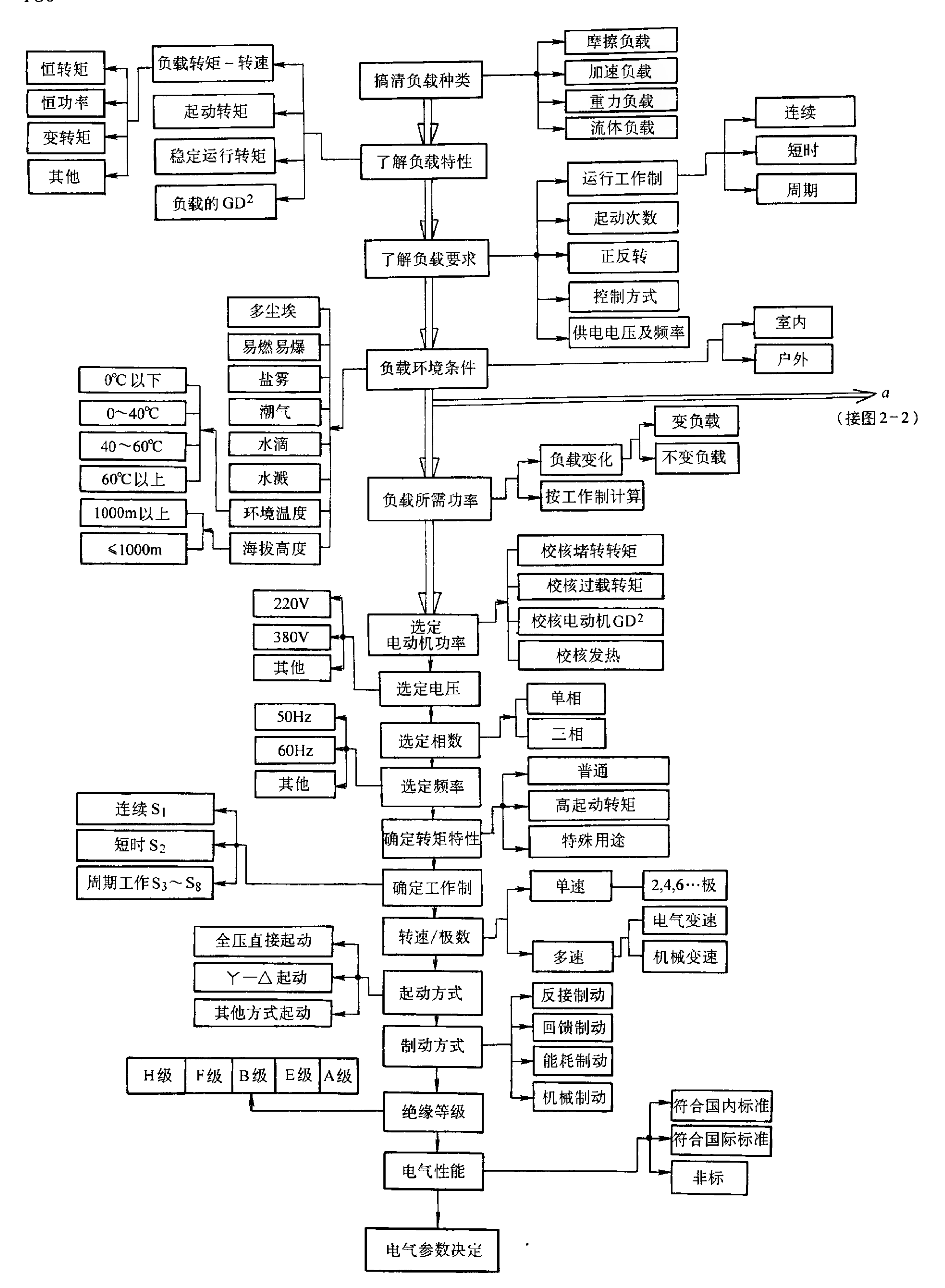


图 2-1　小功率三相异步电动机电气参数选择复核程序和项目内容要点流程图

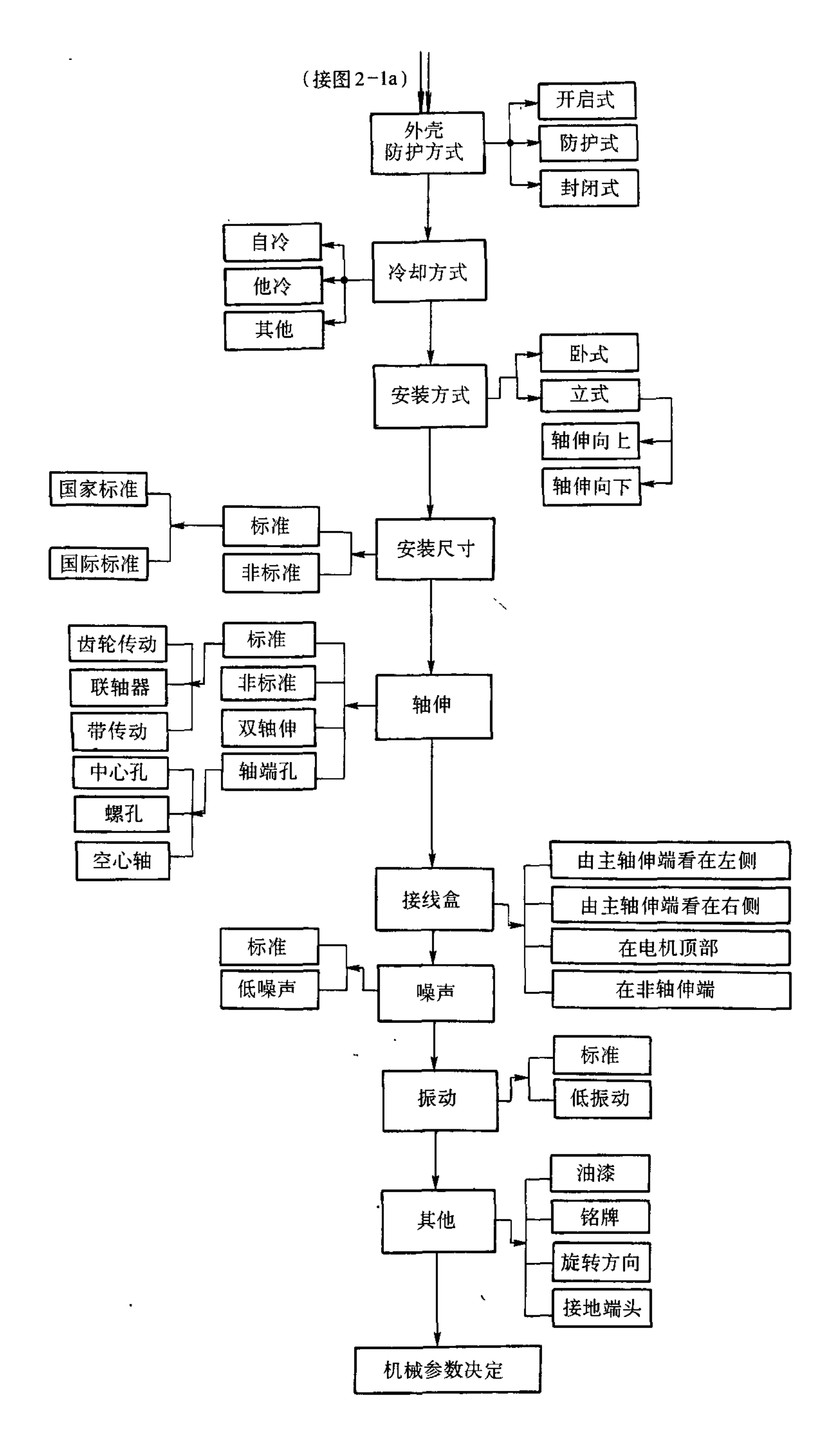


图 2-2　小功率三相异步电动机机械参数选择复核程序和项目内容要点流程

(6) 电动机的频率、电压、相数应符合电源条件　一般要求电源电压偏差不超过 ±5%，频率偏差应不大于 ±1%。

(7) 电动机结构类型应适合负载要求和使用环境条件　根据不同的使用环境条件，电动机的外壳结构型式可按表 2-4 进行选择。

在选择小功率三相异步电动机过程中，电气参数可参照图 2-1 进行复核；机械参数可参照图 2-2 进行复核。

表 2-4　电动机结构类型的选择参考

安装场地	使用环境	应选用电动机结构类型	安装场地	使用环境	应选用电动机结构类型
室内	普通环境 水滴溅落环境 多尘埃（砂尘、灰分、矿石粉）	防护式、防滴防护式 防滴防护式 全封闭外冷式 带滤尘器的开放式 全封闭自冷式	室外	普通环境 多尘埃（砂尘、灰分、矿石粉等）	室外开启式 室外全封闭外冷式 室外全封闭内冷式 全封闭外冷室外式
				含盐分多的场所	全封闭内冷室外式 带过滤器的开启室外式
	酸、碱液体或腐蚀性气体	全封闭外冷防腐式		酸、碱液或腐蚀性气体	全封闭外冷防腐式
	爆炸性气体或可燃性液体与气体	全封闭内冷防腐式、隔爆式 开启防腐式 耐压防爆式		爆炸性气体或可燃性液体与气体	全封闭内冷防腐式 开启室外防腐式 耐压防爆室外式
	炭粉及其他爆炸性粉尘	全封闭外冷加强防爆式 内压防爆式 开启增加安全防爆式		炭粉及其他爆炸性粉尘 低噪声	全封闭外冷加强防爆室外式 内压防爆室外式开启增加安全防爆室外形 全封闭内冷室外式 带消音器的全封闭外冷室外式
	低噪声	带消音器的开启式和全封闭内冷式			

三、技术数据

由于小功率三相异步电动机应用面广，各种特殊与专用的性能需求又派生各种新产品，因此，形成小功率三相异步电动机的系列、品种、规格多，而且复杂。

为了便于读者维修、更换和选择小功率三相异步电动机，现收集部分小功率三相异步电动机的铁心、绕组技术数据，分别归类如下，供检修时参考。

1. 普通型小功率三相异步电动机

JW、JW（新）、A、1A、AO2、Y 系列（小功率部分）的铁心绕组数据见附录附表 2-1 ~ 2-6。

2. 小功率三相变极多速异步电动机

JDO2、JDO3、YD 系列的铁心绕组数据见附录附表 2-7 ~ 2-8。

3. 小功率三相电泵

AOB、JYB、DB、JCL、DBC、JCB、QX、JWYB 系列电泵用小功率三相异步电动机的铁心绕组数据见附录附表 2-9 ~ 2-10。

4. 小功率三相电动工具电动机

其各系列的铁心绕组技术数据见附录附表 2-11 ~ 2-14。

5. 小功率三相排气扇电动机

OJF-400、JF-400、FA1-8600、JOF-31-4600、400FA3-6、400FTA8-6、500FTA4-7、600JA12-4、600FTA 排气扇的铁心绕组数据见附录附表 2-15 ~ 2-16。

6. 其他用途小功率三相异步电动机的铁心绕组数据

见附录附表 2-17 ~ 2-18。

7. 国外一些主要公司的小功率三相异步电动机性能

参数见附录附表 2-19 ~ 2-31。

以上所列各系列部分小功率三相异步电动机的铁心和绕组数据仅供维修选择时借鉴。

四、绕组型式

（一）绕组的分类及特征

小功率三相异步电动机定子绕组，按槽内分布方式可分为单层、双层和单双层混合绕组、正弦绕组；按绕组形状可分为同心式、链式、交叉式、叠绕式；按线圈节距可分为整距、短距和长距绕组。这些不同绕组的结构特征、优缺点和应用范围，可参见表 2-5。以下介绍小功率三相异步电动机常用的绕组型式。

表 2-5　小功率三相异步电动机绕组的分类、特征比较

绕组类别	单层绕组					单双层混合绕组	双层绕组		正弦绕组
	同心式		链　式				整数槽	分数槽	三相(30°相带绕组)
	二平面	三平面	同心	等距	交叉				
绕组结构特征	一只大线圈内套一只小线圈,绕组端部形成上下二个平面	一只大线圈内套一只小线圈,绕组端部与另一相形成三个平面	一只大线圈内套一只小线圈,二组线圈以链式连接	线圈的节距相等,线圈的大小尺寸相同,二组线圈以链式连接	二组线圈大小尺寸不同,节距也不同,一组为奇数,另一组为偶数,二组线圈以链式连接	槽内布线嵌线分别有单层和双层	每极相槽数为整数,上下两层加层间绝缘	每极相槽数为非整数,即分数槽,上下两层加层间绝缘	电动机绕组分成△及丫两部分。然后将这两部分串联或并联,构成一个完整的绕组,△与丫部分绕组一般匝数不等
最大并联支路数 a_{max}	$2p$(q为偶数时),p(q为奇数时)					$2p$(一相带中,单层槽数为偶数)p(一相带中,单层槽数为奇数)	$2p$	$2p/d$①	
相带划分	60°相带整数槽						60°相带		30°相带整数槽
优缺点	优点:布线嵌线方便,因线圈在槽内属同相,不需加层间绝缘,不会发生击穿 缺点:分布磁势的波形不理想,且谐波分量也较大					嵌线工序比单层复杂些,但分布磁势波形好,谐波分量小	优点:分布磁势波形好,谐波分量小,起动运转性能均好 缺点:双层嵌线工序复杂,交叉先后嵌线工时相对较单层的长		优点:削弱高次谐波,改善电动机性能效果显著,节约用铜 缺点:工艺复杂,磁路不能太饱和,△形绕组中三次谐波环流大
应用范围	二极或四极电动机		每极每相槽数$q=2$、4、6、8偶数的二极或四极的小功率电动机	每极每相槽数$q=2$的四、六、八极的小功率电动机	每极每相槽数$q=3$、5、7奇数的二、四、六极小功率电动机		多用于双速或多速电动机		多用于特殊电动机

① 每极每相槽数q为分数时,d为分数q(分子,分母无公约数)的分母。

（二）单层绕组

这种型式是小功率三相异步电动机最常用的一种。单层绕组按线圈形状、线圈节距及端部排列方法可分为单层同心式、单层链式和单层交叉式。它们的构成原理和线圈节距的计算及绕组的展开图可分别见《电动机修理手册》单行本《三相交流电动机修理》叙述。下面就各种型式绕组中有关工艺特点作简单介绍。

1. 单层同心式绕组

（1）二平面绕组　在隐极式单层绕组中，每相每对极下有一个线圈组。如极对数为 p，则三相单层绕组共有 $3p$ 个线圈组。当 p 为偶数时，绕组有偶数个线圈组。通常把全部线圈组均分一半，分二次嵌入槽内，线圈端部处于二个平面上。由图 2-3 可知，这是庶极式 24 槽四极电动机。绕线时，两个线圈成一组，共三组。嵌线时，按 U、V、W 依次嵌入三组线圈中的一个，即按 1、2、7、8、9、10、15、16、17、18、23、24 顺序。这三个线圈的端部组成一个平面；然后，再依次嵌入三组线圈中另外三个线圈，即按 13、14、19、20、21、22、3、4、5、6、11、12 顺序。这三个线圈的端部组成另一个平面，这就是典型的二平面绕组。绕组的每一相包含着一个端部平直的线圈组和另一个端部弯曲的线圈组。当极对数 p 为奇数时，需要有特殊的措施。即用一个端部双重弯曲的线圈组才能制成二平面绕组。故 p 为奇数时，一般不使用二平面同心式绕组。

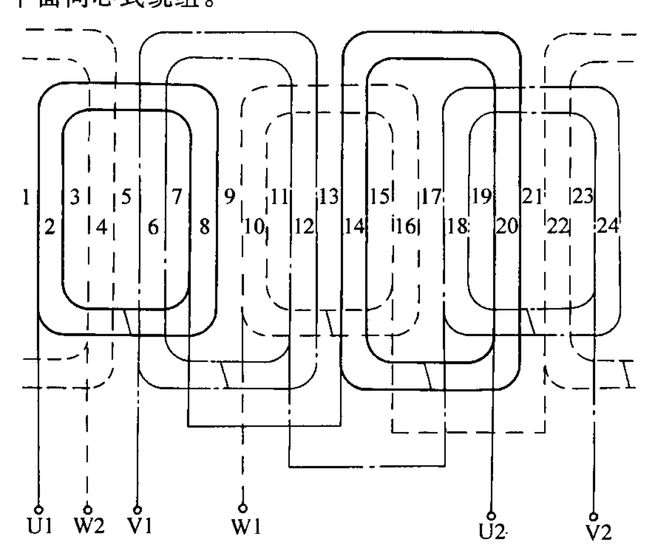


图 2-3　三相 24 槽四极同心式绕组展开图

二平面绕组的缺点是，每一线圈组外面几圈端部过长，使绕组用铜较多，尤其当电动机极数少，极距大和每极每相槽数 q 很大时，更为显著。

（2）三平面绕组　这种线圈是专为极数少、且每极每相槽数 q 为偶数的显极式电动机设计的。它将每极每相的线圈分成一个线圈组，与庶极式二平面绕组相比较，它线圈组的总数增加了一倍。图 2-4 是典型的 24 槽二极显极式同心绕组，嵌线时按相嵌入。每相有两组线圈，每嵌入一相绕组端部就产生一个平面，三相绕组全部嵌入后就形成三个平面。嵌线即按 1、2、16、15、13、14、4、3；9、10、24、23、21、22、12、11；17、18、8、7、5、6、20、19 顺序。当线圈采用硬绕组时，各相端部必须制成不同形状，以保证嵌线正常进行。但端部受空间限制，三相绕组的端部互不等长，从而造成三相阻抗不平衡，严重时会影响电动机的性能。

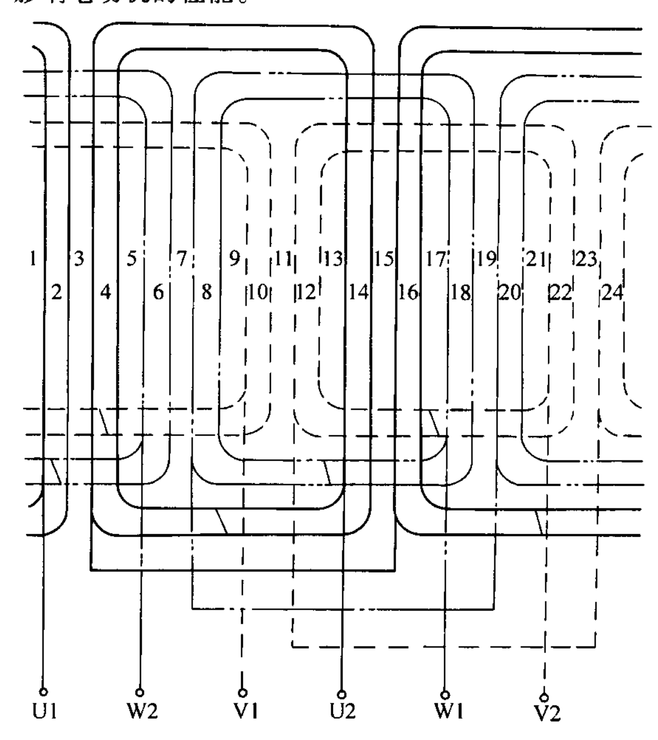


图 2-4　三平面三相 24 槽二极同心式绕组展开图

单层同心式绕组在小功率三相异步电动机中得到了广泛的应用，例如，AO2 系列中 90 ~ 750kW（二极）、60 ~ 750W（四极）和 JW 系列中 120 ~ 750W（二极）、90 ~ 750W（四极），都采用了单层同心式绕组；二极，定子 24 槽，线圈节距 $y=1—12$，2—11，四极，定子 24 槽，线圈节距 $y=1—8$，2—7。

又如 125W，二极，型号 JCB-22、2JCB-22、JYB-22、JWYB22-3.3 和 150W，二极，型号 JCB45、JYB45、JWYB45-3.3、油泵小功率三相异步电动机都采用同心式绕组，二极，定子 18 槽，线圈节距为 $y=1—8$；$y=9—18$；$y=10—17$。

还有小功率三相电动工具异步电动机中也有较多系列的规格采用单层同心式绕组。

2. 单层链式绕组

单层链式绕组每极每相槽数 $q=2$，线圈节距 y 必

为奇数，每组只有一个线圈，极相组联接采用“头接头”“尾接尾”，三相绕组如链相扣。与单层同心式绕组相比较，单层链式绕组端部缩短，故能节约导线用量。

这种绕组在250W以下的二极和四极小功率三相异步电动机中被普遍采用。例如型号A5014A～A5034，15～60W，四极小功率三相异步电动机都采用单层链式绕组，定子24槽，每极每相槽数 $q=2$，线圈节距 $y=5$。

一般来说，每极每相槽数 $q=2$ 时，采用单层链式绕组比较合理。

但是，这种绕组在嵌线时必须采用嵌一槽，空一槽的方法，比较繁复。

3. 单层交叉式绕组

当每极每相槽数 q 大于2的奇数时，难以安排为单层链式绕组（除非降低电动机的电气指标），这时可采用不等距线圈的单双圈交叉绕组，这类线圈端部较短，既节约了铜线，又便于嵌排。例如附录附表2-13中所列S3S-100，180W和TSS-150，500W，二极砂轮机电动机，定子18槽，每极每相槽数 $q=3$，采用单层交叉式绕组，两大线圈节距 $y=1—9$，一小线圈节距 $y=1—8$。

一般小功率三相异步电动机的每极每相槽数 $q=3$ 时，采用单层交叉式绕组比较妥当。

这种绕组在嵌线时必须采用嵌二槽，空一槽；再嵌二槽，再空一槽的“吊把”嵌线法，因此操作比较麻烦。

各种绕组型式的选择、分布和嵌法尚可参阅本章第三节、五、（五）中图2-29～2-38。

4. 绕组中极相组之间的联接

关于单层同心式、链式、交叉式三种绕组各极相组间的连接，原理上均按绕组展开图中各极性下槽内电流流向来连接。庶极式单层绕组的极相组线圈间连接采用“尾接头”的顺接串联接法。显极式单层绕组的极相组线圈间连接采用“头接头”、“尾接尾”的反接串联接法。在实际加工和修理工作中，一般都按绕组端部接线图来进行，如图2-5中的短圆弧粗线表示极相组，圆周上的短圆弧数表示了绕组所有极相组序数，箭头表示各极相组中某瞬时电流流向，其顺序号表示了某相和某号的极相组，其余的各圆弧连接线表示了各相绕组的极相组连接。注意各相的首端总是从极相组的箭头尾部引出，而各相的末端是从极相组的箭头头部引出。有关绕组联接可参考本章第三节的详细介绍。

一般电源电压在220V以上的小功率三相异步电

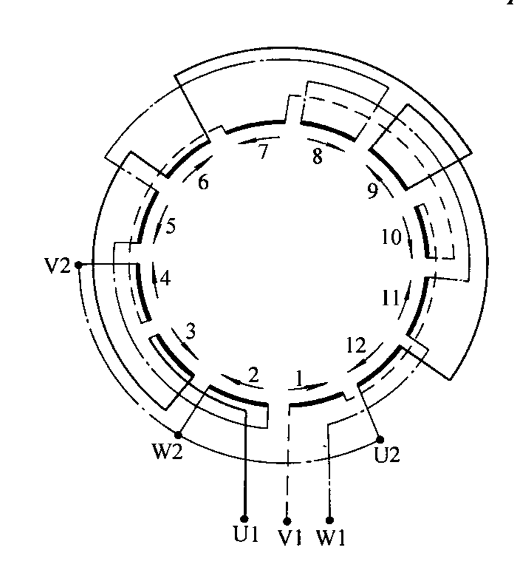


图2-5　三相四极绕组端部接线圈

动机中多采用单路进火。所谓单路进火是极相组间仅前后串联；所谓双路进火是一相绕组串联成两条并联支路，而每一条支路包含的极相数相等；多路进火可依次类推。

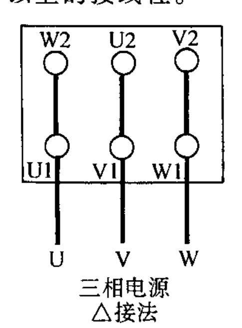
（三）双层绕组、单双层绕组、分数槽绕组

有关双层绕组、单双层绕组、分数槽绕组的结构、优缺点和排列请参阅《电动机修理手册》单行本《三相交流电动机修理》中的有关内容。

双层绕组多应用于小功率三相双速异步电动机或小功率三相多速电动机。如YD系列中（小功率部分）型号YD90S-8/6、YD90L-8/6、YD100L-8/6变极多速三相异步电动机采用双层叠式绕组，定子36槽，线圈节距 $y=1—6$。

五、小功率三相异步电动机的接线标志

小功率三相异步电动机接线板上一般有6个接线柱，而容量小的仅有三个接线柱，特殊用途的也有6个以上的接线柱。



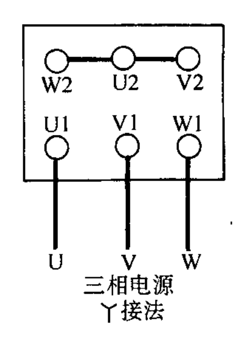


图2-6　小功率三相异步电动机接线标志

一般接线标志如图 2-6。图中△接法是电源电压为 220V 时接线；丫接法是电源电压为 380V 时接线。小功率三相异步电动机额定电流小，实际使用时采用电网电压 380V 直接起动，对电网不会有何影响，无需采用丫—△接线降压起动。电动机的三个出线端可直接接电源线，如果电动机有 6 个出线端，应按标志图规定连接成与电网电压相适应的接线。

另外，图中 U1、V1、W1 表示电动机三相绕组的始端，U2、V2、W2 表示三相绕组的终端。如果接线后，当电源端电压的相序 U、V、W 与接线柱 U1、V1、W1 相对应时，电动机应为顺时针方向旋转（人面对轴伸端方向），如调换任意两相相序，即能变为逆时针方向旋转。电动机应接地良好，接线盒设有接地接头。

这里需要说明老标准曾引用过(D1),(D2),…,(D6)等作为绕组的接线标志。

第二节　小功率三相异步电动机的维护及常见故障检修

一、小功率三相异步电动机的维护

小功率三相异步电动机在正常的情况下，一台电动机能运行 2 万小时以上，但是如果日常使用维护不当，就会提前产生故障，缩短使用寿命。为此加强重视电动机的使用和维护，实际上等于减少故障的可能因素，延长电动机的使用寿命。电动机的日常维护包括下述基本内容。

（一）建立必要的维护制度

建立电动机定期维修、检查、保养制度，既能确保电动机正常运行，又能提高电动机使用寿命，表 2-6列出了电动机定期检查、保养的参考内容。

（二）坚持执行日常的监视工作

电动机发生故障时，一般会引起继电器等保护装置动作，如果保护装置失灵，势必导致电动机严重损坏。因此，在电动机日常运行时，如果能经常监视电动机的运行情况，就能及时发现异常情况，从而采取必要的措施，例如及时切断电源，去掉负荷。或紧急停机，进行检查排除故障或检修。

监视工作中，识别电动机运行异常情况可参阅表 2-7。

表 2-6　小功率三相异步电动机定期检查、保养内容

定期时间	检查内容	保养内容
每天 交换班	1. 检查电动机与传动装置的控制设备和工作状况 2. 检查电动机起动和停转状况 3. 查听电动机轴承运转有否杂声 4. 对连续工作中的电动机要检查各部位发热情况	1. 使用过程中保持清洁 2. 电动机运转时，应经常记录有关仪表读数及电动机运行、停车时间 3. 记录电动机或被拖动机械在运行中的异常情况 4. 记录所有检查情况和故障处理的结果
每月底 或月初	1. 测量电动机运行的转速和振动情况 2. 检查接地可靠状况 3. 检查电动机各部位的螺栓和螺母紧固程度	1. 检查工作日交接记录 2. 对已检修的部分和故障处理结果进行复查 3. 擦净电动机上的油污和尘埃
六个月	1. 检查轴承是否润滑，油脂是否硬化、变质 2. 检查通风和冷却情况 3. 检查传动装置有否损坏、磨损变形，安装是否牢固	1. 缺少润滑脂及时补充，通常每 6 个月左右，应更换润滑脂一次 2. 用压缩空气和刷子清除通风道内的积尘
一年	1. 拆卸电动机，对电动机的绕组、通风道、接线板进行检查 2. 检查轴承润滑情况是否有异常 3. 测量绝缘电阻 4. 检查绕组是否损伤或异常 5. 测量定转子气隙 6. 检查转子铁心是否松动，笼条是否异常	1. 用刷子或压缩空气清除通风道和绕组接线板上的尘垢，用丙酮或汽油清除绕组表面油污 2. 更换新润滑脂 3. 绕组绝缘电阻过低，加热干燥处理，使绝缘电阻值大于 1MΩ 4. 对损伤绝缘要补修或加涂绝缘漆 5. 调整定、转子气隙 6. 对异常情况要检修，铁心松动要紧固 7. 检查安装后作一次试运转，并记录重装调整性能后的各项内容

表 2-7 电动机运行异常情况

识别方法	异常情况	可能原因
眼看	1. 电机外表不清洁 2. 电机冒烟 3. 计量仪表不正常或无指示 4. 三相电流波动 5. 电流指示过大 6. 电机突然停转	1. 电机上有尘垢、油污或受腐蚀性气体侵蚀，是导致电动机绝缘性能降低和运行性能下降的重要因素之一 2. 电动机因接线接触不良发生过热或烧毁 3. 电源三相电压不平衡，定子绕组有故障，电动机单相运行，熔丝熔断 4. 定子和转子绕组有故障 5. 轴承损坏，负荷过大，定子绕组有局部短路 6. 熔丝熔断或停电，轴承损坏，定转子相擦，单相运行，电动机转矩太小，负载过大，传动机械故障，控制开关失灵，电源电压下降过多
耳听	有异声	1. 电动机与传动装置联接不良，转子动平衡不好，轴承故障，定转子相擦 2. 三相电压不平衡，单相运行，绕组层间断路，三相绕组匝数不均等
鼻闻	异味	电机温升过高，绕组烧损或局部短路，电动机过载，单相运行，传动部分润滑不好，轴承过热损坏
手摸	1. 电动机外壳温度高 2. 电动机振动	1. 电动机过载，温升过高，单相运行，冷却不好，电动机运行或起动、加速时间太长 2. 机械上动平衡不良，电源电压不平衡，单相运行，绕组层间断线

二、小功率三相异步电动机的常见故障

小功率三相异步电动机除体积、功率小外，结构与中小型三相电动机相似，其故障包括电气、机械两方面，也有使用维护上不当的问题。表 2-8 为小功率三相异步电动机常见故障和处理方法。

表 2-8 小功率三相异步电动机常见故障和处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机不能起动	1. 电源断路 2. 电源电压过低 3. 定子绕组有短路或接地故障 4. 绕组出线端接错 5. 负载过大或拖动机械有卡阻 6. 单相起动 7. 电动机轴承磨损，定、转子相摩擦 8. 重修后装配不良，过紧	1. 检查熔丝、电源线、继电器、开关故障点 2. 检查电源电压过低的原因，更换单独电源线路 3. 检修故障点或重绕修理 4. 纠正接线 5. 减轻负载或检修卡阻原因 6. 检查熔丝、电源线故障 7. 更换新轴承 8. 重新装配调整
2	电动机起动困难，转速降低	1. 电源电压过低 2. 拖动负载过大或传动装置卡阻 3. 转子笼条有开焊或断条 4. 重绕绕组匝数过多 5. 重绕绕组有局部线圈接错、接反	1. 检查电压过低原因 2. 减轻负载，排除卡阻因素 3. 检修转子笼条或更换新转子 4. 查原始数据 5. 纠正接线
3	电动机运行不正常，有异声	1. 电源电压波动或三相电压不平衡 2. 重绕绕组接错或有短路 3. 重绕三相绕组匝数不相等 4. 改极重绕时，忽略槽配合 5. 一相熔丝断，造成两相运行 6. 电动机安装不良，端盖配合过紧或过松	1. 除电网因素外，检查三相电源电压不平衡原因 2. 改正接线或排除短路故障 3. 改正重绕绕组匝数相等 4. 重新改绕，注意槽配合规律 5. 检修一相熔丝熔断故障 6. 重新装配，调整适当灵活

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
3	电动机运行不正常，有异声	7. 定转子气隙不均匀，有相对摩擦 8. 电动机内冷却风道阻塞 9. 定转子铁心有松动或毛刺未除尽 10. 绕组槽绝缘凸出与转子相摩擦 11. 轴承磨损或润滑脂缺少、变质	7. 检修定、转子相对摩擦点，调整气隙均匀 8. 清除风道阻塞物 9. 检修铁心松动、去除毛刺 10. 检查槽绝缘，去除凸出部分 11. 更换轴承与润滑脂
4	电动机运行发热、温升过高或冒烟	1. 电源电压过高，使铁心磁密过饱和，铁损增加 2. 电源电压过低，负载电流增加，因 I^2R 而发热，温升提高 3. 轴承配合过紧，或轴承磨损 4. 轴承严重缺油或过多，油脂有杂质 5. 定、转子相摩擦“扫膛” 6. 电动机内冷却风道阻塞 7. 负载过大或传动机械不灵活 8. 电动机起动过分频繁 9. 转子笼条有断条 10. 定子绕组有匝间、相间短路或局部接地故障 11. 环境温度过高，通风不良 12. 电动机两相运转 13. 重修时铁心采用火烧拆线过热，使铁心硅钢片绝缘损坏，铁损增加	1. 改善供电线路或装调压器 2. 改善供电线路或装调压器 3. 重装调整或更换新轴承 4. 补充或更换新润滑脂 5. 检修“扫膛”原因，调整气隙均匀或换轴承或重新装配调整 6. 清除阻塞物 7. 减轻负载或检修传动机械卡阻因素 8. 适当减少起动次数 9. 检修转子断条或更换转子 10. 检修故障点或重绕绕组 11. 改善环境通风条件，采取降温措施 12. 检修熔丝与电源线故障 13. 重绕绕组，调整估算铁心磁密值，计算重绕参数，给予适当补偿，减少铁损
5	电动机运行时有振动	1. 定、转子气隙不均匀 2. 转子动平衡不良 3. 轴承磨损或配合过松 4. 端盖安装配合不良 5. 转子笼条有开焊或断条 6. 转轴变形弯曲 7. 铁心片有变形、松动 8. 电动机机座安装不紧固 9. 定子绕组有轻微短路、断路或接地故障	1. 检修调整使气隙均匀 2. 重校转子动平衡 3. 重装配或更换轴承 4. 重新安装调整 5. 检修故障点或更换新转子 6. 更换新轴或新转子 7. 检修铁心片后再涂绝缘漆 8. 重新安装紧固 9. 检修故障点或重绕
6	电动机外壳带电	1. 接地线未接牢，三相严重不平衡，有零序电流 2. 引出线接线端碰盒盖 3. 绕组端部整形时损伤的导线擦槽口、机壳或端盖造成接地 4. 绕组有接地故障 5. 绕组受潮，绝缘严重老化，或堆积尘垢、油泥	1. 接妥接地线，检查三相不平衡原因 2. 加包绝缘 3. 检查绕组端部是否发生接地故障，绕组绝缘破损加垫绝缘 4. 检修故障点或重绕 5. 去除积垢后烘干处理，绝缘严重老化重浇绝缘漆

三、小功率三相异步电动机的故障分析

（一）定子绕组故障

小功率三相异步电动机定子绕组烧坏属常见故障，电动机过载，绕组短路、接地或单相运行都会造成这类故障。故障的特征、原因及使用、维护上引起此类故障的可能因素简要分析如下：

1. 电动机过载

因电动机过载使定子绕组全部烧坏的故障特征是绕组均呈焦黑色。造成电动机过载的原因有：

（1）选用电动机不当　实际负载工况条件与所选电动机型式与功率不匹配。例如有些负载机械的起动阻力矩较大，如果选用的电动机堵转转矩小，额定功率不够，则整套装置的起动时间过长，造成电动机过载，绕组烧坏。

（2）负载机械使用不当　例如小型风机、水泵等负载使用方式不当，都会增加电动机的负载；或电动机工作在环境温度过高而通风降温条件又差的场合，也会导致电动机过载而使绕组烧坏。

（3）电源电压过低　电动机在低于额定电压较多的条件下带负载运行，电动机绕组内的工作电流增加，因 I^2R 导致绕组温升增高而过热烧坏。

（4）电动机出线端接线错误　若电动机规定380V 丫联结，而使用时错误接成△，则绕组的励磁电流剧增，铁心过度磁饱和，铁损剧增，电动机空载电流超过额定电流很多，导致绕组发热烧坏。

若电动机规定 380V△联结，使用时错接成丫，每相绕组只受到 220V 欠电压，使电动机的输出功率大大降低，当满载时，输入电流就会超过每相允许值，导致绕组发热烧坏。

（5）机械性故障　电动机轴承严重损坏，定转子相摩擦“扫膛”或负载机械“卡死”等机械性故障，都会造成电动机过载而使绕组烧坏。

（6）电动机质量因素　因电动机制造、修理等质量原因造成电动机过载，绕组发热烧坏的原因有如下三种：

1）笼型铸铝转子的铝质不好或浇铸铝过程中发生断条，都会造成电动机起动困难。即使起动后，电动机转速也达不到额定转速，电动机电流大于额定电流。此时若取出转子观察，定子铁心槽口会有烧痕特征。

2）因定、转子间气隙过大，不均匀，铁心硅钢片质量差，冲片毛刺大，叠压后冲片参差不齐等原因，造成电动机空载电流过大，铁损增大。有的电动机因采用火烧拆绕组方法，如火温过猛、时间过长，损坏了冲片绝缘层，降低了铁心的导磁性能，使得电动机的铁损与空载电流增大。电动机空转几分钟，绕组就发烫，若继续使用，电动机绕组就会烧坏。

3）由于重绕后的绕组参数不符合原设计要求，匝数和线径有差异，导致电动机温升过高而烧坏。

2. 绕组短路

定子绕组的短路故障有匝间短路和相间短路两类。

1）因定子绕组匝间短路而烧坏的特征是，线圈的端部有几匝或一级相组烧焦，而其余线圈稍微变色。

造成线圈匝间短路的原因一般都属绕线和嵌线的工艺质量问题。如绕组嵌线时操作者将电磁线绝缘破损，也可能线圈组之间的连接线在焊接后绝缘套管没有套好，或线圈端部被碰伤绝缘等。由于小功率三相异步电动机选用的电磁线线径较细，线圈端部机械强度低，检修时稍疏忽就会损伤绝缘层而发生匝间短路。

处理线圈匝间短路的方法应视具体故障而定，一般可以采用局部修理，更换故障的一圈或一组线圈。但对于双层绕组绝缘漆膜坚固或槽满率较高的匝间短路故障，因局部翻线困难，就需采取全部换绕新线圈的办法来保证质量。

2）因电动机绕组相间短路而烧坏的特征是，在短路处发生熔断（即导线多根烧断）并有熔化的铜屑痕迹，其他线圈组或另一端部就无烤焦现象。

线圈端部的相间绝缘薄膜或双层线圈的层间绝缘没有垫好，在电动机温升过高或受潮的情况下，就易发生绝缘击穿，形成相间短路；又如极相组线圈的联线套管没有套好也会造成联线间短路。

3. 绕组接地

电动机绕组因接地故障而烧坏的特征是，槽口或槽底有明显的烧伤痕迹。其原因有：

1）定、转子铁心同心度不好而发生“扫膛”摩擦，定子铁心某摩擦部分因摩擦发热而烧焦槽绝缘，导致线圈绝缘损坏而接地。

2）嵌线质量差，在铁心槽口线圈直线部分与端部转角处有挤压使槽绝缘破损；部分槽口绝缘没有封卷好；槽楔与导线直接接触；槽楔受潮后绝缘下降等原因都会造成绕组接地。

3）电动机长期处于高温下运行，槽绝缘被烤焦、老化发脆，或者严重受潮，都会击穿槽绝缘发生绕组接地。

4）没有安装避雷器的工厂或农村，如果电动机接地线也未妥善连接，在雷雨天发生雷击时，电动机

有可能发生对地击穿的事故。

4. 单相运转

电动机绕组因单相运行而烧坏的特征是，电动机绕组端部的1/3或2/3的极相组烧黑或变为深棕色，而剩下的一相或两相绕组尚好或稍带焦色。

由于供电线路或电动机引接有联接故障；接触器一对触头坏；熔丝的连接紧固有浮接或隐伤，使一相熔丝处于要断未断状态；电动机接线板端子松脱或未焊牢等均会造成电动机起动时电流大，使接触不良处接触电阻大而长期氧化造成一相或两相断路。这些原因都会造成电动机单相运行。

一般单相运行烧坏绕组有两种情况与特征：

1）电动机绕组丫联结时，若电源的U相断开，电流从电动机V相和W相流过，使得V相和W相绕组烧坏。对于二极电动机将有V、W相4个极相组烧坏变成焦黑；对于四极电动机将有V、W相8个极相组烧坏变成焦黑。

2）电动机绕组△联结时，若电源的U相断开，电流一路从电动机U和W相绕组流过，另一路从V相绕组流过，因V相绕组阻抗相对较低，首先被烧坏。对于二极电动机将有V相绕组对称的两个极相组烧焦；对于四极电动机将有V相绕组对称的四个极相组烧焦。

四、小功率三相异步电动机定子绕组故障检修

定子绕组故障通常有定子绕组绝缘不良使绝缘电阻降低、定子绕组断路、定子绕组接地、定子绕组短路、定子绕组嵌反接错等现象。

（一）定子绕组绝缘电阻降低

1. 一般电动机定子绕组绝缘电阻的允许最小值

1）定子绕组的绝缘电阻在热态或温升试验时应不低于下式所求值

$$R = \frac{U_N}{1000 + \frac{P_N}{100}} (\mathrm{M\Omega})$$

式中 R——电动机绕组热态时的绝缘电阻（一般取75℃），MΩ；

P_N——电动机额定功率，kW；

U_N——电动机额定电压，V。

2）不同温度下定子绕组绝缘电阻值一般来说，会受温度变化影响，当定子绕组在同一绝缘质量条件下，绝缘电阻随温度升高而降低。所以在测量电动机定子绕组绝缘电阻的同时也应测量绕组温度，由于测量绝缘电阻每次都有可能在不同温度下测量。为了判明在各种温度下测量的绝缘电阻是否合格，可按下式进行换算

$$R_2 = R_1 \times 10^{\alpha(t_1 - t_2)}$$

式中 R_1——低温 t_1 时的绝缘电阻，MΩ；

R_2——高温 t_2 时的绝缘电阻，MΩ；

α——绝缘电阻温度系数，对于A级绝缘的干燥绕组 $\alpha \approx 0.025$。

3）按实践经验，不同温度下电动机定子绕组的绝缘电阻值应不低于表2-9中规定值。

表2-9 小功率三相异步电动机定子绕组在不同温度下的绝缘电阻值

（MΩ）

测量部位	500V以下			36V以下		
	20℃	45℃	75℃	20℃	45℃	75℃
定子绕组 绕线转子绕组和集电环 串励电动机电枢绕组和换向器	50	20	1	30	20	1

2. 小功率三相异步电动机定子绕组的绝缘电阻允许最小值

按GB5171—85小功率电动机通用技术条件规定，小功率电动机绕组的绝缘电阻在冷态下不低于20MΩ，在热态下不低于1MΩ。电动机经湿热试验后，电动机绕组的绝缘电阻应不低于下列值，对于额定电压220V及以上的电动机按下式确定：

$$R = \frac{U}{1000}$$

式中 R——电动机绕组绝缘电阻，MΩ；

U——电动机绕组的额定电压，V。

对额定电压220V以下，36V及以上的电动机为0.22MΩ。

对额定电压36V以下的电动机为0.1MΩ。

3. 定子绕组绝缘电阻测定方法

（1）用绝缘电阻表测量

1）绝缘电阻表的选择。小功率三相异步电动机定子绕组绝缘电阻通常用1.0级或1.5级手摇绝缘电阻表测量。绝缘电阻表可按表2-10的规定选择。

2）绝缘电阻表的测量前校验。用绝缘电阻表测量电动机定子绕组前，需要对绝缘电阻表进行校验。将绝缘电阻表的测试软线分开并悬空，测量的接头也要分开；均匀摇动绝缘电阻表至额定转速，表头表针

指向∞无穷大；然后降低转速至约 20r/min，此时合并测量的接头，表头表针应指向零位。说明该绝缘电阻表经开路和短路试验均校验完好，即可用于测量。

表 2-10　测量电动机绝缘电阻的绝缘电阻表选择规定

电动机额定电压 /V	绝缘电阻表电压值 /V	绝缘电阻表量程 /MΩ
36 以下	250	0～100
>36～500	500	或 0～500

3）测量定子绕组对地绝缘电阻。按图 2-7 进行接线，把定子三相绕组的引出线头 U1、V1、W1 用裸导线连接起来，与绝缘电阻表上的 L 接线端子连接好，把电动机接地端子与绝缘电阻表上的 E 接地端子连接好，然后按顺时针方向以 120r/min 速度均匀摇动绝缘电阻表手柄，从绝缘电阻表上读得的数值就是定子绕组对地绝缘电阻。

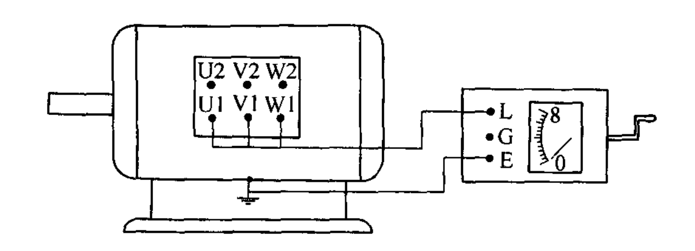


图 2-7　绝缘电阻表测绕组对地绝缘电阻接线
L—“线路”接线端子　E—“接地”接线端子
G—“保护环”接线端子

4）测量定子绕组相间绝缘电阻。按图 2-8 进行接线，把定子三相绕组中的引出线头 W1 与绝缘电阻表上的 L 接线端子相联接，引出线头的 U1 与绝缘电阻表上的 E 接地端子相联接，摇动绝缘电阻表手柄即可在绝缘电阻表上读得 W 相与 U 相之间的绝缘电阻值。改变接线 W1 与 L 联接，V1 与 E 联接可测得 W 相与 V 相之间的绝缘电阻值；改变接线 U1 与 L 联接，V1 与 E 联接可测得 U 相与 V 相之间的绝缘电阻值。在测量中，不被测的某相绕组处于悬空电位或全部接地，则由于各个漏电回路相互联接，绝缘电阻测定值会偏低。所以须将不被测量的绕组接到兆欧表的“保护环”接线端子 G 上。

5）测量电动机绝缘电阻时的注意事项：

① 测量前必须对绝缘电阻表进行一次开路和短路试验，以确保安全与测量准确性；

② 绝缘电阻表的测试软线绝缘必须良好，不能用双股线或胶合线，分开的两根测试软线不宜靠近拼合。测试软线本身的绝缘电阻值应超过兆欧表有效刻度指示的上限。L 接线端子的测试软线不要贴近电动机的机壳或地面，以免测得的绝缘电阻值偏低；

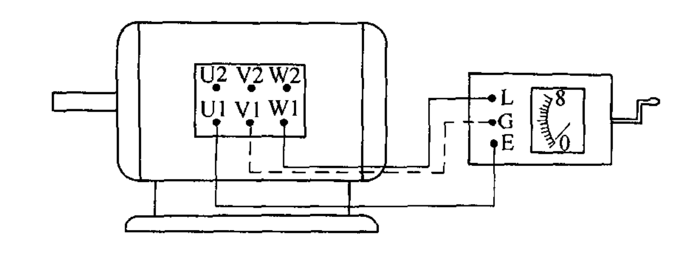


图 2-8　绝缘电阻表测相间绝缘电阻接线

③ 需要测量绝缘电阻的电动机，必须关断电源，并拆卸电源引接线；

④ 在测量绝缘电阻时，尽管绝缘电阻表手柄在摇动 30s 后可达到最终稳定值，而通常以摇动 1min 时的绝缘电阻值为准；

⑤ 测量时，绝缘电阻表要水平放稳均匀摇动，转速须保持基本恒定（120±20r/min），以免测量电压波动而引起定子绕组的充放电，导致绝缘电阻表指针摆动；当摇测中发现表针已指零就要立即停止摇动，以防止绝缘电阻表内线圈发热烧坏。

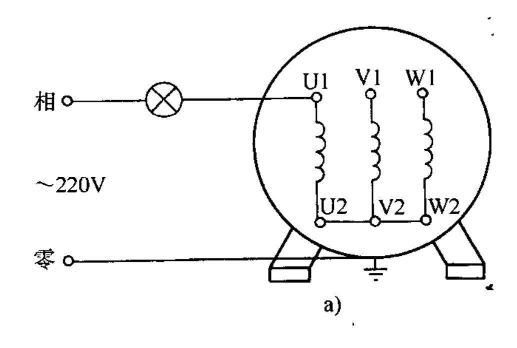
⑥ 对于电容较大的电动机定子绕组，读数后绝缘电阻表手柄转速应逐渐下降，以免定子绕组储存的电荷向绝缘电阻表迅速放电，冲击表针。

（2）用万用表和试灯测量定子绕组相同和对地短路　因万用表内电池电压很低，所以不能测量绝缘电阻。但在应急情况下可用万用表 R×10K 档来检查电动机绕组是否接地或相间故障。但是测试时要注意两手不要触及表棒。

试灯法如图 2-9 所示。把电动机的接地端子与交流 220V 电源零线相接，试灯的两端分别与电源火线和定子绕组的引出线相接触，若灯亮表示定子绕组与机座接地短路，见图 2-9a。把电源零线改接到某相绕组引出端上，试灯分别与电源相线和另一相绕组引出端接触，若灯亮可以判断出相间有短路，见图 2-9b。

这里需要指出的是，试电笔不宜测试电动机绝缘的好坏。因为通电绕组与人体均存在一定量对地电容与泄漏电流，即使绝缘良好的电动机定子绕组，用测电笔测试时，也能使氖灯辉光。只有对地电容与泄漏电流所形成的回路电压低于氖灯起辉电压时，才不会辉光。若定子绕组对地绝缘电阻很低，达不到规定值，而机座已通过某些金属件接地时，即使氖灯接触机座，也会因接触点电压过低而不起辉。

电动机定子绕组绝缘电阻测定尚可参阅《电动机修理手册》单行本《三相交流电动机修理》。



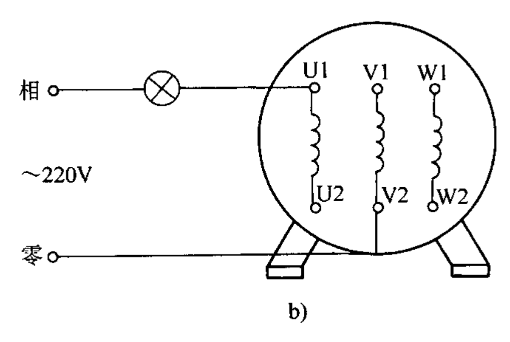


图 2-9 试灯法检查定子绕组接地和相间短路示意

4. 定子绕组绝缘电阻低的处理方法

小功率三相异步电动机定子绕组长期使用难免受潮或者沾污尘垢、油泥，均会造成绝缘不良使绝缘电阻下降，从而构成各种绕组故障的隐患。通常在运行中的电动机只要定子绕组不发生严重霉变，大多是潮湿和污垢附着在定子绕组的表面而引起绝缘性能下降。故绝大多数电动机只要绝缘电阻降低不过大，通过清除尘垢、油污及干燥处理后，绝缘电阻就会明显上升，可确保电动机继续正常运行。

(1) 定子绕组干燥处理方法　一般有电热烘干和蒸汽烘干两类。电热烘干有间接和直接两种。间接电热烘干有电热丝烘干、电热风烘干、灯泡烘干等几种。直接电热法有绕组电流干燥法（铜损干燥法）和机壳铁心涡流干燥法（铁损干燥法）。

以上间接电热烘干法适用于功率不大的中、小型电动机，而直接电热法适用于功率较大的中大型电动机。小功率三相异步电动机则广泛采用间接电热烘干。有条件的工矿企业，采用温度可调并有循环通风的电热或蒸汽烘箱、烘房，对电动机定子绕组进行干燥处理，则效率与质量会大大提高。

电热丝烘干就是把电炉丝布置在烘箱内。电热风烘干是采用电热器将空气加热，再由鼓风机吹送热空气烘干电动机绕组，鼓风机出口的热空气温度一般不超过 65℃。采用灯泡加热烘干，一般都需要把电动机拆卸开，把灯泡悬置于定子内或在定子两端侧。热源是大功率白炽灯或红外灯泡，目前较多采用红外灯泡。对于小功率三相异步电动机目前也有采用电吹风来烘干处理，效果也很好。

(2) 定子绕组在干燥处理中应注意的问题

1) 绕组在进行干燥处理前应用压缩空气把电动机各部分吹干净；

2) 测量温度应使用酒精温度计；

3) 加温干燥应逐步上升，否则绕组绝缘将因水分急剧蒸发而损坏，升温速度与干燥时间可参阅表 2-11。

表 2-11　电动机绕组电热烘干处理的升温速度与干燥时间

干燥处理对象	达到下列温度所需最短时间/h		干燥处理持续时间/h	
	50℃	70℃	绝缘电阻稳定最短时间	持续时间
小功率三相异步电动机绕组（包括小型及部分中型电机）	2~3	6~7	3~5	10~20

4) 绕组在干燥处理开始后，每 0.5h 测一次绝缘电阻值；温度稳定后，每 1~2h 测量一次绝缘电阻并做好记录。干燥初阶段，定子绕组因水分蒸发绝缘电阻会下降，随着水分蒸发量减少，绝缘电阻值又会上升，直到稳定。只要在规定的温度下绝缘电阻值在 3h 内没有变化，即说明干燥处理完成。

有关电动机干燥问题还可参阅《电动机修理手册》单行本《三相交流电动机修理及直流电动机牵引电动机修理》。

（二）定子绕组断路故障

(1) 绕组断路原因和形式　小功率三相异步电动机绕组的线径一般比较细，在嵌线工序中稍不注意就容易折断。特别在加热焊接后导线变硬，在整形时更容易弄断。焊接不良或使用腐蚀性焊剂，极有可能造成虚焊、松脱和腐蚀。浸渍绝缘处理和总装配过程中的疏忽也会使绕组断路。匝间短路或接地故障也会产生断路现象。

定子绕组断路的形式归纳起来有定子绕组引线和过桥线开焊，端部线圈烧断和槽内导线烧断三种情况。

(2) 绕组断路检查方法　检查定子绕组断路，一般采用万用表测试法、试灯法、三相电流平衡法和电阻法，其检查方法和线路可参见《电动机修理手册》单行本《三相交流电动机修理》的交流电动机绕组断路故障检查。

(3) 绕组断路检修方法　根据定子绕组断路的三种情况进行检修，修理方法可参见《三相交流电动

机修理》。

这里需要提及的是，小功率三相异步电动机因线径细，匝数多，在槽内不易找到断线故障点，故不用局部调换线圈的方法。

（三）定子绕组接地故障

（1）绕组接地原因　小功率三相异步电动机定子绕组接地故障属危险事故，因为绕组与铁心或机壳间的绝缘损坏所造成的机壳带电将危及人的生命安全，并导致有关设备的损坏。产生绕组接地的原因很多，例如：电动机长期存放受潮，经常过载运行，腐蚀性气体入侵，绕组嵌线工艺不当，槽绝缘被挤破，槽口封闭不良，接线时损伤绝缘，引出线绝缘损坏与机壳相碰以及铁心槽内有尖刺损坏槽绝缘等。因此，在检修过程中预防、排除定子绕组接地故障事关重大。

（2）绕组接地的检查方法　检查定子绕组接地的方法有用兆欧表、万用电表、试灯法等。具体检查方法可参阅《三相交流电动机修理》，绕组对铁心短路的检查内容。

（3）绕组接地检修方法　通常定子绕组接地常发生在槽口或槽口的底部。对于这部分的修理可参见本手册第三章定子绕组接地故障修理。若接地故障发生于槽内，需加温软化绕组后拆修导线绝缘，重垫槽绝缘，再重嵌导线。接地情况严重时，必须更换绕组解决。

若因受潮造成定子绕组接地，可采用前述的加热干燥处理方法去除潮气。但是在接地故障点仍须采用补修方法增强绕组绝缘。

（四）定子绕组短路故障

（1）定子绕组短路分类及产生原因　见《三相交流电动机修理》定子绕组短路故障修理部分。

对于小功率三相异步电动机来说，工厂工艺不稳定或者施工员疏忽而造成定子绕组短路故障的频度较高。如在连架绕的同心式绕组中，常发现极相组间的联接线上绝缘套管没有套到线圈嵌入槽的槽部或绝缘套管被压破的故障；又如叠式绕组的线圈间常发现过桥线联接不好或嵌线方法不妥，整形时用力过重造成的线圈间短路故障；再如嵌线时常发现划棒（理线板）划破导线绝缘的故障，焊接时烫焦导线绝缘，造成匝间导线短路的故障。

（2）绕组短路检查方法　定子绕组短路检查方法可参见《三相交流电动机修理》交流电动机绕组短路故障检查。

（3）电动机绕组短路检修方法　定子绕组短路的修理方法可参见《三相交流电动机修理》。

排除引线短路故障可将绕组加热，用划线板小心撬开引线处，将绝缘套管重新套到接近槽部，或用绝缘薄膜垫好修复。线圈匝间短路或过桥线绝缘损坏，可用绝缘带包扎好；若线圈端部匝间短路，也可用绝缘纸或薄膜垫妥修复。

若线圈匝间短路而槽绝缘尚未烧焦，可将短路的几匝导线在端部断开，两端用绝缘套管包扎好（注意不能形成短路环），将未短路的导线跨过短路线匝依旧联接好；或者烘热绕组，抽去短路线匝，注意不要碰伤相邻的线匝。当短路线匝占槽内总匝数的2.5%以下，可采用此法将原来的线圈接通，继续使用，只是电气性能有所下降。如果整圈短路，只占每相总线圈数的1/12以下，也可将两边原线圈接通，应急使用。

（五）定子绕组的嵌反或接错故障

（1）绕组嵌反、接错故障及原因　小功率三相异步电动机定子绕组嵌反或接错故障同一般中小型三相异步电动机相似，也有以下几种情况：个别线圈嵌反，个别线圈接错，极相组接错，外部绕组始末端接线接反。

绕组嵌反或接错，往往是维修者对原绕组联接型式缺乏记录，或没有按绕组展开图、连接图进行核对，疏忽工作所致。电动机绕组嵌反或接错，会造成电动机起动困难，三相电流不平衡，出现异声；也有因温升过高导致电动机被烧坏的可能。

（2）绕组嵌反、接错的检查方法　定子绕组嵌反或接错故障的检查可参见《三相交流电动机修理》、绕组接错和嵌反检查。

（3）绕组嵌反、接错的检修方法　对于绕组内部个别线圈接错或极相组接错，可按绕组展开图和接线图检查。判别出接错处后重新连接，然后包好绝缘，涂绝缘漆或浸渍绝缘漆，烘干。对于定子绕组外部始末端接线错误经检查验正后，只需调换接线板上的接线头的位置即可解决。

五、小功率三相异步电动机定、转子故障检修

（一）定子铁心故障检修

定子铁心的常见故障有：铁心松动，拆除旧绕组时使硅钢片向外张开，因绕组短路或碰铁（接地）而造成铁心槽齿熔损等。其修理方法可参阅本手册《三相交流电动机修理》铁心故障及修理。

（二）笼型转子故障检修

(1) 笼型转子绕组常见故障现象、原因及处理方法　可参见《三相交流电动机修理》。

(2) 检查方法　除参见《三相交流电动机修理》外，一般还可用铁粉撒在通低电压的转子上，铁粉在磁场作用下，沿转子槽表面均匀排列成行。若铁粉在转子表面出现稀疏或断空现象，则表示有轻微断条或严重断条，可按电动机功率调节通入电流大小测试。转子断条严重时，在额定电压下运行30min左右，定子铁心温度便迅速上升，一般凭手感就能确定。

(3) 修理方法　可参见《三相交流电动机修理》。由于小功率三相异步电动机的零部件修配方便，一般更换新转子比检修方便合算，只有在特殊应急情况下，无配件更换时才采取修复措施。

六、小功率三相异步电动机机械部件故障检修

（一）转轴的故障检修

电动机转轴常见故障有：转轴弯曲，轴颈磨损、有裂纹或断裂等。其修理可参见《三相交流电动机修理》。但从修理工艺及成本、设备等条件核算，小功率三相异步电动机转轴故障宜更换新转轴较合算、方便。

（二）机座和端盖的检修

电动机机座和端盖发生裂纹或破裂，通常是在安装维修搬运过程中跌落或碰撞所造成。小功率三相异步电动机因体积小，机座、端盖材质轻薄，强度低，发生上述现象是比较多见。检修方法简述如下：

(1) 机座裂缝和底脚断裂的修理　小功率三相异步电动机的机座有铸铁和铝合金两种材料，所以机壳裂纹的修补要用不同的方法。铸铁机壳裂纹可用铸铁焊条焊补，考虑到消除铸铁内应力，焊前加热会影响绕组绝缘等，所以，改用铜焊修焊比较适宜。铝合金机座的裂缝可用氩弧焊修补。对于机座底脚断裂，可取用角钢制成断裂底脚形状，再用螺钉紧固在电动机的外壳上。对于裂缝多于二至三条或损坏严重者，必须更换机座，修补既费工时又不可靠。

(2) 端盖裂缝的修理　端盖的裂缝和破裂会影响定、转子的同心度，所以必须更换或修补。铸铁端盖裂缝可用铜焊修补，铝端盖用氩弧焊修补，也可用钢板（1～3mm厚）铆接修补。

(3) 端盖止口松动的修理　端盖止口松动会影响电动机定、转子的同心度，甚至发生定、转子相摩擦“扫膛”。修理时，应该将端盖原有止口车削掉，重新车一个止口，同时还须将转子轴的轴承档车进去一些，使转子轴承档和端盖轴承档沿轴向保持配合，但要防止端盖碰压绕组端部。在车削端盖止口前，要测量和复核端盖内壁与定子绕组端部的间隙尺寸。当然，为保证定、转子轴向配合尺寸的情况下，在机座与端盖之间配车一只雌雄止口圈也是一条好的途径。

(4) 端盖轴承孔间隙增大的修理　端盖轴承孔间隙增大会使定、转子间隙不均匀，当端盖轴承孔与轴承外圈之间的配合间隙大于定、转子间隙时会发生定、转子相擦。修理办法有两种：一种是在端盖磨损的轴承孔内表面熔焊一层相同的金属层，再经车削，使孔径缩小到原来的尺寸，以保证轴承的配合；另一种是把端盖轴承孔的磨损面车大，嵌镶一段钢套或铜套，再将钢套内径车到所要求的轴承孔配合尺寸。不管嵌镶钢套或铜套，都要注意与端盖止口的同心度。

（三）轴承的故障检修

电动机上使用的轴承有滚动轴承和滑动轴承。目前中小型电动机一般用滚动轴承，因为它维护简单，装配方便，轴与轴承相配合使定、转子同心度好。滑动轴承精度高，振动小，在润滑条件下，能长期高速运行。它的不足之处是安装、调试和维修工作较复杂，且容易漏油。滑动轴承在大中型电动机和小型电动机上都有应用，大中型电动机使用的滑动轴承多用分解式带油环润滑的滑动轴承，小型电动机多用带（或不带）轴承衬的油环润滑的整体滑动轴承。为了维修需要下面作简单介绍：

1. 滚动轴承

(1) 滚动轴承代号　滚动轴承代号是由一个汉语拼音字母和七位数字组合而成。汉语拼音和七位数字的意义详见表2-12。

为了保证电动机噪声在规定的指标内，目前常采用电动机专用轴承Z1级，如轴承60201Z1。

常用小功率三相异步电动机选配轴承代号，见表2-13。

(2) 常用滚动轴承润滑脂　小功率三相异步电动机常用和部分特种润滑脂的牌号、性质和用途供各种电机轴承选择，参见表2-14。

各种润滑脂在不同工作条件、场合对不同型式电动机轴承中的应用参见表2-15。

(3) 轴承故障及处理方法　可参见《三相交流电动机修理》滚动轴承故障及检修。

表 2-12　滚动轴承代号组成意义表

前段		中段（轴承的基本代号）							后段
数字	字母	数　字							
		第七位	第六位	第五位	第四位	第三位	第二位	第一位	
表示径向游隙组别	表示精度等级	表示宽度系列	表示结构型式		表示类型	表示直径系列	表示内径尺寸		表示特殊要求

轴承径向游隙按游隙大小分基本游隙组和辅助游隙组，前者代号为 0，后者代号为 1-9。若取基本游隙组，代号可省略不写

右起第五位、第六位数字表示轴承结构型式，不同类型的轴承用不同的数字表示。有某项特殊要求或派生类型，代号无规律用时可查表。没有特殊要求也不属派生型时，用代号 00 来表示

此字母代号用正楷大写的汉语拼音字母表示。它表示对轴承材料、热处理、结构、振动、技术等方面提出的特殊要求。如“Z”表示对轴承振动、噪声有特殊要求

用这两位数字（右起第一位和第二位数字）表示轴承内径尺寸，代号 00，01，02，03，分别表示内径尺寸为 10，12，15，17mm，代号 04 ~99 内径尺寸为：代号数字 ×5 = 内径，内径 $d = <10$mm，$d>495$mm 轴承内径表示另有规定

注：1. 装在紧定套上的滚动轴承，其中代号中第一、第二位数字表示衬套内径

2. 内径小于 10mm 的轴承，其内径只用第一位数字表示

例：204 轴承内径为 4 ×5 =20mm

201 轴承内径按规定为 12mm

26（026）轴承内径按规定为 6mm

代号	轴承类型
0.	向心球轴承
1.	向心球面球轴承
2.	向心短圆柱滚子轴承
3.	向心球面滚子轴承
4.	长圆柱滚子轴承或滚针轴承
5.	螺旋滚子轴承
6.	向心推力球轴承
7.	圆锥滚子轴承
8.	推力球轴承或推力向心球轴承
9.	推力滚子轴承或推力向心滚子轴承

轴承的精度按国标分五级精度 C、D、E、F、G 按顺序排列，C 级最高，G 级最低。在新设计时，F 级不选用，若径向游隙为基本组时，G 级精度不标

内径大于或等于 10mm 轴承右起第三位数字表示直径系列，直径系列是指同一内径，而外径不同各种轴承

9、8—超径直径系列

7、1—特轻直径系列

2、(5) —轻直径系列

3、(6) —中直径系列

4—垂直径系列

内径小于 10mm 轴承右起第二位数字表示直径系列

注：括号内代号用于轻宽系列或中宽系列

宽度系列是指同一内径直径系列相同，但套圈宽度（高度）不同，用右起第七位数字表示，1、(0) —正常系列；2、(0) —宽系列；3、4、5、6—特宽系列；7、(0) —窄系列；8、9—特窄系列

表 2-13　常用小功率三相异步电动机滚动轴承代号

轴承代号	适用电动机型号
200Z1	A02-45，A02-50，A02-56
201Z1	A02-63
202Z1	A02-71
204Z1	A02-80
60027	B062Z-2
60201	A1-56，A3-H56，A0-56，ASF82A，DB-6（下轴承），DB-25（上轴承）DB-12　DB-50　DB-100（上轴承）
60202	A1-71，A3-H63，A0-63，ASF102A，JW081-2，JW081-4，JW082-2，JW082-4，JWYB-08
60203	BD62Z-2，DB-25（下轴承）DB-50
60204	DB-100（下轴承），JW11-2，JW11-4，JW12-2，JW12-4，JWF11，JWF12
60303	A3-7114F，A3-H71，A0-71，JF32 JW091-2，JW091-4，JW092-2，JW092-4 JWF091，JWF092

表 2-14　小功率三相异步电动机常用滚动轴承润滑脂的牌号、性质和用途

润滑脂		针入度（25℃）/（1/10mm）	滴点/℃不低于	主要用途
名称	牌号			
钙基润滑脂	ZG-1 ZG-2 ZG-3 ZG-4 ZG-5	310～340 265～295 220～250 175～205 130～160	75 80 85 90 95	中滴点，具有良好抗水性的普通基脂。用于工业、农业和交通运输等机械设备的润滑。使用温度：1 号和 2 号脂不高于 55℃；3 号和 4 号脂不高于 60℃；5 号脂不高于 65℃
合成钙基润滑脂	ZG-2H ZG-3H	265～310 220～265	80 90	性能和用途同钙基润滑脂。使用温度：2 号脂不高于 55℃；3 号脂不高于 60℃
复合钙基润滑脂	ZFG-1 ZFG-2 ZFG-3 ZFG-4	310～340 265～295 220～250 175～205	180 200 220 240	用于高温（150～200℃）和潮湿条件下工作的轴承及其它摩擦部件的润滑。同类型产品有合成复合钙基脂
钠基润滑脂	ZN-2 ZN-3 ZN-4	265～295 220～250 175～205	140 140 150	耐高温，但不抗水的普通钠基脂。用于工业、农业等机械设备的润滑。使用温度：2 号和 3 号脂不高于 110℃；4 号脂不高于 120℃
锂基润滑脂	ZL-1 ZL-2 ZL-3 ZL-4	310～340 265～295 220～250 175～205	170 175 180 185	抗水、耐高温和机械安定性较好的普通锂基脂。用于工业、农业和交通运输等机械设备的润滑。使用温度在 −20～120℃ 范围
复合铝基润滑脂	ZFU-1H ZFU-2H ZFU-3H ZFU-4H	310～340 265～295 220～250 175～205	180 190 200 210	抗水，耐高温和机械安定性好。用于高温和潮湿条件下工作的各种机械设备的润滑。使用温度不高于 120℃

（续）

润滑脂		针入度（25℃）/（1/10mm）	滴点/℃ 不低于	主要用途
名称	牌号			
铝基润滑脂		230～280	75	有良好的抗水性。用于航运机器，如推进器主轴等摩擦部件的润滑及金属表面的防锈
二硫化钼锂基脂	1	310～340	175	具有良好的极压性能。用于高负荷和高温下操作的冶金、矿山、化工机械设备的润滑。使用温度不高于145℃。同类型产品有二硫化钼合成锂基脂
	2	265～295	175	
	3	220～250	175	
	4	175～205	175	
	5	130～160	175	
二硫化钼复合铝基脂	0	355～385	140	具有良好的极压性能。用于高负荷、高温和潮湿条件下的冶金、化学等工业中机械设备的润滑
	1	310～340	180	
	2	265～295	200	
	3	220～250	220	
	4	175～205	240	
膨润土润滑脂	1	310～340	250	具有良好的极压性、抗水和机械安定性。可使用于温度高达200℃以下的高温机械设备中
	2	265～295	250	
	3	220～250	250	
航空润滑脂	202脂		130	小功率三相异步电动机

表2-15　各种润滑脂在不同工作条件、场合对不同型式电动机轴承的应用

名称	钙基润滑脂				钠基润滑脂		钙钠基润滑脂		复合钙基润滑脂				复合铝基润滑脂	二硫化钼润滑脂	航空润滑脂（202脂）
牌号	SYB1401-62				SYB1402-62		SYB1403-59		SYB1407-59				—	HSY-$^{101}_{103}$	SY1508-65
序号	1	2	3	4	1	2	1	2	1	2	3	4	—	—	
最高工作温度/℃	70	75	80	85	120	140	110	125	170	180	190	200	200	200	130
最低工作温度/℃	不低于-10				不低于-10		不低于-10		不低于-40				—	不低于-40	不低于-50
抗水性	不易溶于水，抗水性较强				易溶于水，抗水性弱		抗水性弱		抗水性强				抗水性强	抗水性强	
外观	黄色到暗褐色软膏				深黄色到暗褐色软膏		黄色到深棕色软膏		淡黄色到暗褐色光滑透明软膏				黄褐色软膏	灰色或褐色光泽软膏	奶白色
适用电动机	一般工作温度，有水分或与水接触的条件下，适用于封闭式电动机				较高工作温度，清洁无水分的条件下，适用于开启式电动机		较高工作温度，允许有水蒸汽的条件下，适用于开启式及封闭式电动机		高温工作条件，有水接触及严重水分的场合，适用于封闭式电动机				高温工作条件，有水接触及严重水分的场合，适用于开启式及封闭式电动机	高温工作条件及严重水分的场合，特别适用于湿热带电动机	小功率电动机

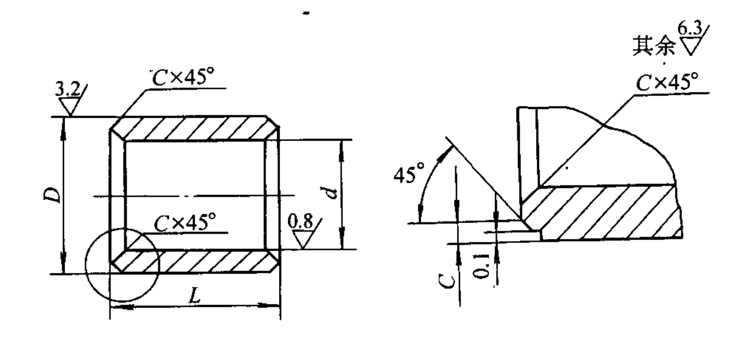
表 2-16　粉末冶金含油轴承的组成成分

类别		元素成分（%）						
		Cu	Fe	Sn	Pb	C	Zn	其他
铁基	1 类	—	余量	—	—	<3	—	<3
	2 类	—	余量	—	3～15	<3	—	<3
	3 类	3～25	余量	—	—	<3	—	<3
铜基	1 类	余量	—	8～10	—	3	—	<0.5
	2 类	余量	—	<11	<3	<3	<5	<0.5

表 2-17　粉末冶金含油轴承的允许载荷

含油轴承材料	许用负荷 P/（kg/cm^2）	轴速 v/（m/min）	载荷系数 Pv/（$kg/cm^2 \cdot m/min$）
铜基 1 类、2 类	<15	<300	<1000
铁基 1 类、2 类	<20	<200	<650
铁基 3 类	<20～30	<200	<750

表 2-18　含油轴衬尺寸及公差配合（mm）



轴衬内径 d			轴衬外径 D		座孔的制造公差	倒角 C	长度 L
公称尺寸	制造公差	装配后公差	公称尺寸	制造公差			
4	+0.045 +0.020	+0.025	8	+0.065 +0.035	+0.03	0.3	4～8
5			9				6～10
6			10				12
8	+0.055 +0.025	+0.03	12	+0.075 +0.04	+0.035	0.4	8～15
10			16				10～20
12	+0.060 +0.025	+0.035	18				10～25
14	+0.065 +0.030		20	+0.095 +0.05	+0.045	0.5	12～28
16			22				15～30
18			25				18～32
20	+0.075 +0.030	+0.045	28				20～40
22			30				

（续）

<table>
<tr><th colspan="3">轴衬内径 d</th><th colspan="2">轴衬外径 D</th><th rowspan="2">座孔的制造公差</th><th rowspan="2">倒角 C</th><th rowspan="2">长度 L</th></tr>
<tr><th>公称尺寸</th><th>制造公差</th><th>装配后公差</th><th>公称尺寸</th><th>制造公差</th></tr>
<tr><td>25</td><td rowspan="3">+0.080
+0.035</td><td rowspan="3">+0.045</td><td>32</td><td rowspan="3">+0.095
+0.05</td><td rowspan="3">+0.045</td><td rowspan="3">0.5</td><td>22 ~ 40</td></tr>
<tr><td>28</td><td>35</td><td rowspan="2">25 ~ 45</td></tr>
<tr><td>30</td><td>38</td></tr>
<tr><td>32</td><td rowspan="4">+0.085
+0.035</td><td rowspan="6">+0.05</td><td>40</td><td rowspan="6">+0.11
+0.06</td><td rowspan="6">+0.05</td><td rowspan="6">0.8</td><td rowspan="2">30 ~ 50</td></tr>
<tr><td>35</td><td>45</td></tr>
<tr><td>38</td><td>48</td><td rowspan="2">32 ~ 55</td></tr>
<tr><td>40</td><td>50</td></tr>
<tr><td>45</td><td rowspan="2">+0.095
0.045</td><td>55</td><td rowspan="2">35 ~ 60</td></tr>
<tr><td>50</td><td>60</td></tr>
<tr><td>55</td><td rowspan="2">+0.105
+0.045</td><td rowspan="2">+0.06</td><td>65</td><td rowspan="2">+0.135
+0.075</td><td rowspan="2">+0.06</td><td rowspan="2">1</td><td>40 ~ 65</td></tr>
<tr><td>60</td><td>70</td><td>40 ~ 70</td></tr>
</table>

注：1. 含油轴衬内孔的制造公差已附加压入座孔后的收缩量，按配合平均过盈量约 70% 计算的，压入后内孔可以达到 H8 ~ H9 级公差。

2. 轴衬与轴的配合可根据机械不同运转条件，选用 H8/f9、H8/d9 等，也可采用控制压入收缩量的办法，以达到 H7/d8、H7/f7 配合。轴衬最小运转间隙不小于轴径的 0.1%。

3. 长度 L 系列：4，6，8，10，12，15，18，20，22，25，28，30，32，35，40，45，50，55，60，65，70。

4. 推荐：轴承长度 $L=(0.5\sim1.5)\ d$（mm）；轴承壁厚 $t=(0.05\sim0.07)\ d+(2\sim5)$（mm）。

（4）轴承清洗及检查　新购来的轴承一般均需用汽油清洗干净，然后加上清洁润滑脂。当转动轴承外圆时，如感觉平稳，无杂音且转速均匀的即可认为是完好的。最好能在专用的轴承检查仪上测试。

关于轴承清洗工艺及检查方法详细内容可参阅本手册第三章。

2. 滑动轴承

（1）小功率三相异步电动机常用的含油轴承及润滑油　一般小功率三相异步电动机采用的滑动轴承是不带轴承衬的油环润滑的整体轴承，轴承围住轴颈作相对滑动。

滑动轴承一般由轴承合金、青铜、铸铁、塑料、粉末冶金等制成，小功率三相异步电动机常用粉末冶金含油轴承。

粉末冶金含油轴承是以金属或非金属粉末为原料，经压制烧结成型。轴承结构呈多孔性，经真空热油中浸渍，使孔隙中充满润滑油。工作时，由于轴颈转动的摩擦抽吸作用和轴承发热后油的膨胀，润滑油就会渗透到轴承表面产生自润滑性能。含油滑动轴承通常适用于轻负载低速电动机，部分也可代替铜轴套，在重负载和高速电动机中使用。

粉末冶金含油轴承具有减振、噪声小、润滑好、寿命长、维修简单等优点。

常用的金属含油轴承主要有铜基和铁基两大类，它们的组成成分和允许载荷见表 2-16 和表 2-17；含油轴衬尺寸及公差配合见表 2-18。

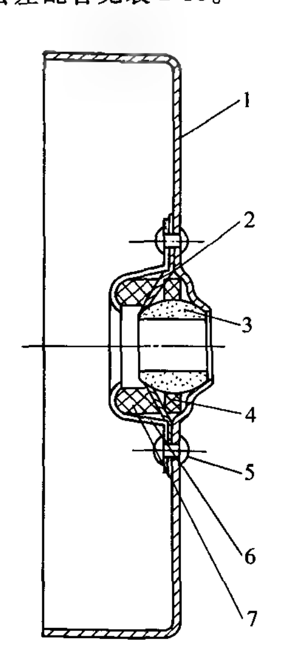


图 2-10　球面含油轴承与端盖装配
1—端盖　2—弹性压圈　3—球面含油轴承
4—贮油毡圈　5—铆钉　6—轴承档圈
7—贮油毡圈

表 2-19　含油轴承用润滑油的选择

润滑油	使用条件	润滑油	使用条件
22 号汽轮机油	高速轻负荷	40 号机械油	低速中负荷
46 号汽轮机油	中速轻负荷	6 号汽油机油	高速重负荷
20 号机械油	高速中负荷	10 号汽油机油	高速中负荷、中速轻负荷
30 号机械油	高中速重负荷、中速中负荷、低速轻负荷	15 号汽油机油	中速中负荷、低速轻负荷
		22 号齿轮油	中速重负荷、低速重负荷

表 2-20　小功率三相异步电动机滑动轴承常见故障及排除方法

故障现象	故障原因	排除方法
轴承磨损变形，轴承损伤、咬死，一端接触	1. 异物进入	1. 排除异物，更换润滑油
	2. 由临界润滑，粘度不适合，油槽开得不适当，间隙太小引起润滑不好	2. 改正轴承与轴配合间隙，调整润滑条件（润滑油粘度、油压、油量等）
	3. 负载大，振动剧烈	3. 改善轴的平衡条件，增加轴承面积及润滑油粘度
	4. 轴与轴承配合面材质不适合，轴配合面加工光洁度不好，轴加工后有挠度，轴承一端接触	4. 提高轴加工光洁度，选择匹配的材质，改正挠曲
	5. 轴承刮研不好发生偏心，装配偏心或因装配引起的轴向窜动	5. 校正轴与轴承同心度，消除偏心，改进装配
轴承腐蚀	1. 进入水分	1. 清洗，更换润滑油，排除水分进入原因
	2. 生成腐蚀物	2. 使用防腐材料，弄清生成腐蚀物原因，给予排除
	3. 水点腐蚀	3. 检查轴槽、油孔位置是否适当，必要时须做调整
	4. 电腐蚀	4. 将金属部件绝缘
轴承疲劳	1. 由于负荷过重，轴承变形引起轴承疲劳	1. 减轻负荷，增加轴承面积，改变轴承材料，改进轴承装配
	2. 振动太大引起轴承疲劳	2. 修整轴承，调整轴的动平衡和装配，减小振动
	3. 转轴与轴承的配合间隙不良，润滑不好引起发热	3. 加大轴承间隙，提高润滑油粘度，适当加注油量，改善冷却条件
轴承温度过高或烧损	1. 配合间隙过小，润滑油选用不当油膜不充分，粘度不合适，负载过大	1. 增加配合间隙，增加轴承面积，重新校正负荷，增加油压、油量、粘度、改善润滑及冷却条件
	2. 护油圈不好，润滑油流失	2. 调换或修理护油圈
	3. 轴承材料选用不当	3. 更换轴承材料

含油轴承使用的润滑油须根据不同的使用条件而选用相应的润滑油，通常可按表2-19选用。

正确选用润滑油对减少工作接触面的摩擦，减少功率损耗，降低摩擦产生的热量，防止轴承生锈等都起重要作用。

图2-10表示了小功率三相异步电动机中常用的球面含油轴承与端盖的装配结构。

（2）小功率三相异步电动机含油轴承常见故障及排除方法　小功率三相异步电动机滑动轴承在使用过程中因工作负荷、工作环境条件和润滑条件等因素，会出现各种故障。常见故障和排除方法可见表2-20。

七、小功率三相异步电动机振动和噪声故障

随着科学技术的发展。人们对振动与噪声污染的危害性越来越重视。特别是一些小型电动机械进入办公室和家庭生活，电动机的振动和噪声对人们的生活、工作和身心健康影响更大。单纯从振动和噪声角度来看，电动机的振动和噪声愈低愈好，但这涉及到各种条件与电动机的制造成本。因此需要有一个合理的电动机振动和噪声限值，来综合考虑环境保护的要求和电机本身制造的经济性与可行性。目前的电机制造厂及维修部门对电动机产生的振动和噪声均采取一系列有效措施。下面介绍一些寻找与排除电动机振动和噪声故障的简单方法。

（一）电动机振动故障

电动机振动是电动机噪声的来源。振动本身还会损伤人体（频率2~20Hz会引起人体内部器官的振动）及直接影响电动机的正常使用和寿命。电动机振动过大，使被拖动机械受到严重的影响，轻者影响加工精度，重者则产生故障停止运转。振动还会造成电动机本身的故障，如机座底脚螺钉与螺母的松动或疲劳损坏，轴承和绝缘使用寿命缩短以及导体零部件等疲劳损坏。因而，消除和改善电动机振动是提高电动机质量和使用寿命的积极措施。

1. 小功率三相异步电动机振动指标及测定方法

各类型的小功率三相异步电动机振动指标一般都在该类型电动机标准中规定。表2-21列出了小功率三相异步电动机的振动限值（摘自GB/T 5171）。小功率三相异步电动机在空载时的振动值应符合表中某一等级的要求和在各类型电动机标准中规定。例如，AO2系列小功率三相异步电动机技术条件（JB/T 1009）规定，电动机在空载时测得的振动速度有效值应不超过1.8mm/s。测量方法参照《三相交流电动机修理》。

表2-21　小功率三相异步电动机的振动限值

振动等级	同步转速/（r/min）	振动速度有效值/（mm/s）
N	500~3000	1.8
R	500~1500	0.71
	3000	1.12
S	500~1500	0.45
	3000	0.71

注：N级（普通级），R级（一级），S级（优等级），如无其他规定，电动机振动应符合N级要求。

表2-22　小功率三相异步电动机振动的故障原因

振动的类型	故障原因
电磁振动	1. 电源三相电压不平衡，或单相运行
	2. 定、转子绕组不平衡，线圈层间断线、接地、短路
	3. 定、转子铁心变形，定子铁心偏心椭圆，转轴弯曲等引起电磁力不平衡
	4. 定、转子槽数匹配不当，绕组的谐波分量太大
机械振动	1. 转子动平衡差，转轴弯曲，皮带轮或联轴器平衡差
	2. 定、转子气隙不均匀，机座止口、端盖止口与轴承档加工超差
	3. 轴承选型不当，轴承未经筛选，轴承质量不好，间隙不适合，轴承架尺寸超差，轴承旋转精度低（滚动体不圆，内外径向偏摆，端平面平行度差）
	4. 机座和端盖或转子轴刚度不够，产生固有振动，结构件材料由铸铁改为铝合金或钢板
	5. 基础安装不良，螺栓松动，安装架强度不够，产生共振
	6. 与负载机械联接不好，有松动，或中心高不一致
	7. 负载机械不平衡，整个机械系统联接后发生共振

2. 影响小功率三相异步电动机振动的主要因素

电动机振动的波形并不是单一的正弦波，它是由

电磁和机械两大因素造成的许多不同的频率波形所组成，产生电动机振动的原因见表 2-22。

3. 寻找小功率三相异步电动机振动原因

图 2-11 是寻找电动机振动故障原因方法的程序框图，循序分析逐段检查判别，即能找到电动机的振动源。

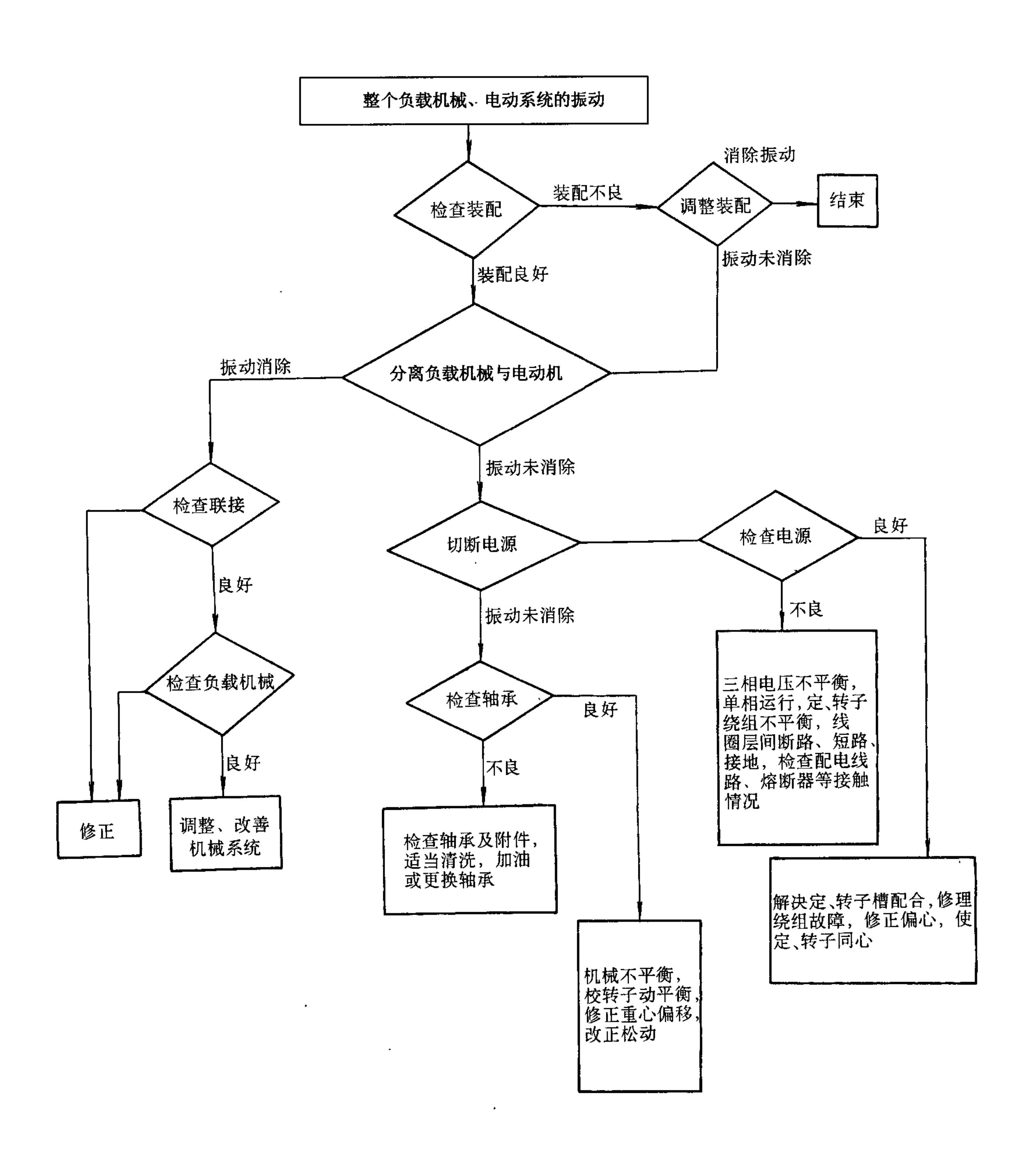


图 2-11　寻找小功率三相异步电动机振动故障原因的程序

4. 消除、改善电动机振动的措施

1）对小功率三相异步电动机的转子校动平衡，风扇单独校静平衡，转子带风扇校动平衡。转子的允许不平衡量为 3000r/min 时不大于 8μm；1500r/min 时不大于 10μm；1000r/min 时不大于 24μm；750r/min 时不大于 32μm。

2）对于笼型转子要减少转子端面偏摆和径向偏摆，控制铸铝转子风叶和平衡柱的残缺度。为了减小转子的固有不平衡度，必要时也可加工非配合面。

3）小功率三相异步电动机在轴伸端轴承外圈与

轴承外盖之间加波形弹簧片，借助轴向预载力补偿轴承的轴向游隙，增大滚动体与外圈滚道的接触角，可显著减少小功率三相异步电动机的轴向窜动或振动。

4）提高转子动平衡精度，保证定子与转子铁心对齐，控制斜槽度，减小转子端面偏摆，可减小引起轴向窜动的机械力和轴向电磁力。

5）选用适当的槽配合，加强机座的刚度，包括加厚机座壁厚和增加加强筋。

6）装配前对轴承进行筛选，最好选用振动加速度低的轴承。选用的轴承要用汽油仔细清洗后加入优质润滑脂（全封闭轴承不用清洗加润滑脂）。装配过程中要注意轴承与轴配合的精度，特别要保证定、转子的气隙均匀性。

（二）电动机噪声故障

电动机噪声由通风（空气动力）噪声、机械振动噪声和电磁噪声三种噪声合成。通风噪声在电动机进、出风口，特别是风扇附近噪声最大；机械振动噪声往往伴随着振动，发生共振的结构件处噪声最大；电磁噪声一般在机座中央噪声最大。通风噪声在堵塞电动机进、出风口或拆去风扇噪声显著削弱；电磁噪声在电动机断电后空转时消失。通常可采用频谱分析来测量电动机噪声的主要来源。

1. 小功率三相异步电动机噪声指标

各类型的小功率三相异步电动机噪声指标一般都在该类型电动机标准中规定。表 2-23 列出了小功率三相异步电动机的噪声限值（摘自 GB/T 5171）。小功率三相异步电动机在空载时的 A 计权声功率级的噪声限值应符合表中某一等级的要求。

噪声指标说明如下：

1）该标准是 A 计权平均声功率级的最大允许值，没有容差，而且只规定用声功率级表示。

2）噪声限值是指电动机空载稳定运行时的噪声。正常情况下噪声随负载的增大而增大。最大允许值为 3dB（A），对于超过 3dB（A）的情况要另作考虑。

3）这个标准对电动机转向不限。

表 2-23 小功率三相异步电动机的噪声限值

同步转速/（r/min） \ A 声功率级/dB \ 电动机功率/W	6～40				60～180				250～750			
	N	R	S	E	N	R	S	E	N	R	S	E
3000	65	60	55	50	70	65	60	55	75	70	65	60
500～1500	60	55	50	45	65	60	55	50	70	65	60	55

注：N 级（普通级），R 级（一级）；S 级（优等级）；E 级（低噪声级）。

噪声测试方法可参阅《三相交流电动机修理》。

2. 影响小功率三相异步电动机噪声的主要原因及消除方法

见表 2-24。

3. 寻找小功率三相异步电动机噪声原因的方法

寻找分析小功率三相异步电动机噪声原因是消除电动机噪声的先决条件。图 2-12 为寻找小功率三相异步电动机噪声故障原因方法的程序框图，循序分析，逐段检查判别，即能找到电机噪声源。

4. 消除改善小功率三相异步电动机噪声的措施

1）转子采用斜槽，调整气隙均匀度，缩小定转子槽口宽度，适当降低气隙磁密。

2）合理选用定、转子槽配合，定、转子槽数之差的绝对值不宜为 0、1、2、3、$2p$、$2p\pm1$、$2p\pm2$。

3）选择合适的绕组形式及线圈节矩，以削弱相带谐波。

4）适当加大气隙以减小谐波磁场幅值。当然气隙过大会带来电动机功率因数降低及空载电流增大。

5）调正改进定、转子铁心的结构，防止偏心单边磁拉力与径向交变电磁力产生共振效应。

6）在条件许可的情况下采用多路进火。

7）采用隔极连接，加均压线。

8）减小风扇外径，调整风扇叶片数。

9）正确选用风扇结构和材质。单向旋转的高速电动机，采用流线形后倾式离心风扇或螺桨式风扇，盆式风扇的噪声比大刀式风扇低，带有导向环的离心风扇的噪声比不带导向环的风扇小，小型铝风扇的噪声比尼龙风扇低。

10）增加机械零部件的刚度，改进零部件结构，以改变其固有频率。

11）滚动轴承外圈与端盖轴承室之间的配合公差一般采用 +0.005～+0.020，轴承大者其配合间隙也应大点。轴承在装入轴承室之前，应在端盖轴承室内刷上一层薄的润滑脂。

12）滚动轴承内圈与轴的配合亦不宜过紧，一般宜采用 0～0.008 的配合。

13）采用波形弹簧片，并使其发挥作用。为此必须做到下列几点：

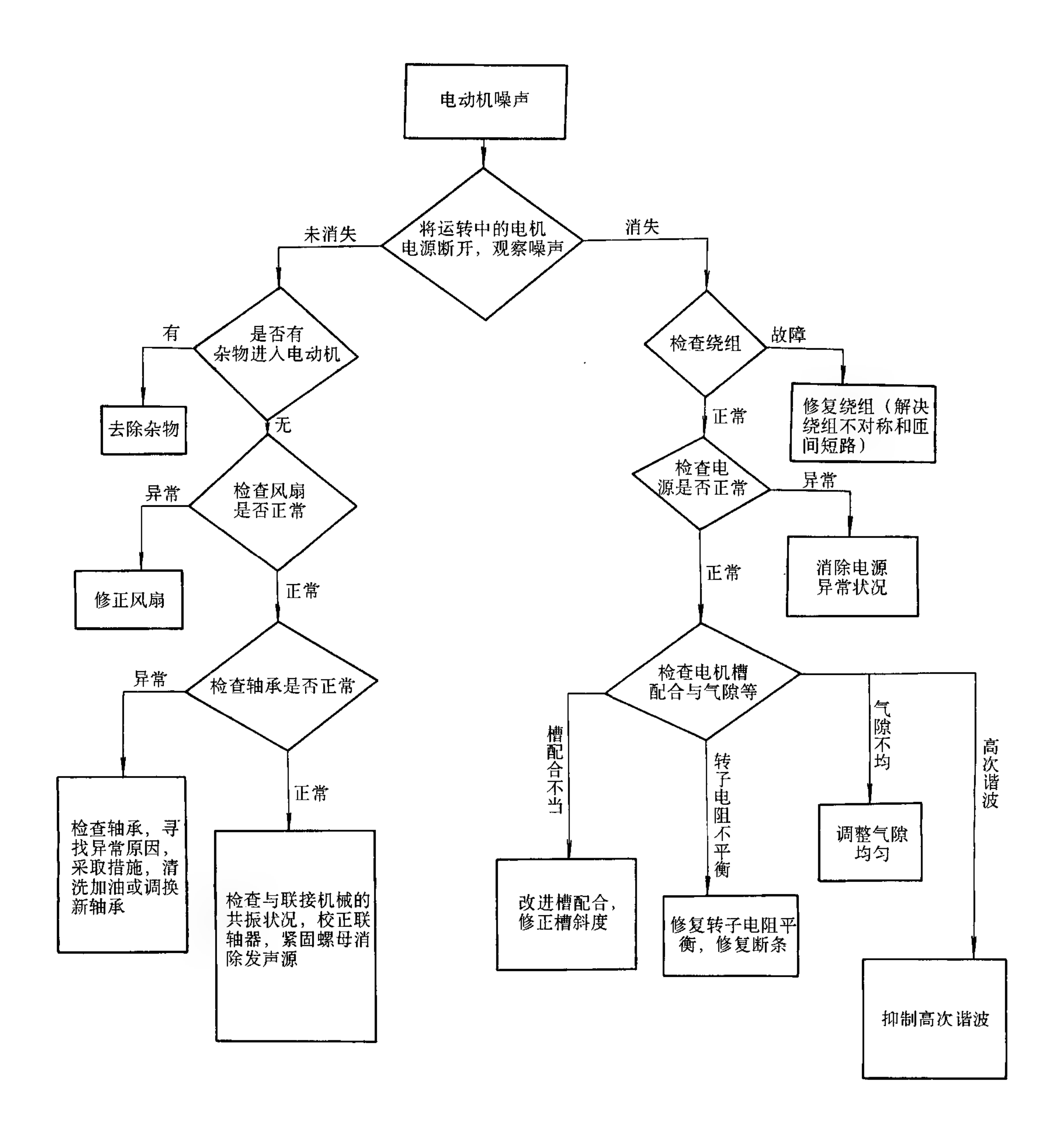


图 2-12 寻找小功率三相异步电动机噪声故障原因和程序

① 轴承外圈在波形弹簧片的作用下，能在轴承室内自由移动。

② 波形弹簧片必须有足够的推力去补偿轴向振动的应力。

③ 波形弹簧片必须有一定的挠度，太硬也不好。

④ 波形弹簧片给轴承外圈的推力必须均匀。

14）正确安装电动机滚动轴承的要点：

① 热套加热轴承宜用烘箱法，不宜用油煮（全封闭轴承更不允许），温度以 80～100℃ 为好，确保轴承受热均匀，不因加热而使脏物进入轴承内部。

② 冷压装轴承时，必须确保轴承内圈受力，并勿使脏物落入轴承内部。

③ 不宜采用敲击法安装轴承。

④ 选用经筛选的轴承，轴承清洗后，润滑脂应加在轴承沟道中心，润滑脂以填满轴承空腔的 1/2～1/3 为好。

15）将滚动轴承改为粉末冶金的滑动轴承。

16）滑动轴承的正确选用与安装如下：

① 尽可能采用铁铅粉末轴承，这种轴承减摩性强，润滑性好。噪声低。

② 在端盖上适当安置贮油槽和选用适当油脂保证轴承长期稳定地工作。

③ 在负载允许的条件下，选用长度较短的轴承。

④ 端盖上轴承座的材料尽可能与轴承有相同的膨胀系数。

⑤ 轴承座进口处有倒角，压装时不引起有害的变形，轴承压入轴承室后，必须用芯棒对内孔加以整形，并确保轴承孔最终尺寸在图纸规定的公差范围内。

表 2-24　小功率三相异步电动机噪声的故障原因和消除方法

噪声类别	噪声原因	消除方法
电磁噪声	1. 笼型转子断条，定子绕组不对称或匝间短路，转子偏心，铸铝转子闭口槽槽口车得不均匀，铁心叠压不紧	1. 更换笼型转子，修理定子绕组，解决转子偏心，重新压紧铁心
	2. 由基波磁通产生的振动噪声	2. 降低气隙磁密，适当加大气隙
	3. 由磁通高次谐波产生的振动噪声	3. 采用斜槽，加大气隙，减小槽口或重新选择槽配合
	4. 电机的电刷与集电环接触不稳定，绕线式电机集电环的短接片与短接环触头接触不稳定	4. 调整电刷与集电环接触，使之接触良好，排除集电环的短接片与短接环触头接触
机械噪声	1. 负载机械不平衡，电机转子不平衡	1. 重新校平衡
	2. 电机端盖、机壳、挡风板、外风罩等零部件受转子不平衡离心力，电磁振动和轴承振动发生共振，端盖等零部件薄壳结构轴向刚度差	2. 解决转子平衡，清除电磁振动和轴承振动，增加端盖等零部件刚度，改进零部件结构，紧固零部件（如挡风板）
	3. 轴承工作游隙过小，轴承装配不良或敲打时破坏滚动表面，轴承润滑、清洁度差	3. 查看轴承间隙，更换轴承，改进轴承装配方法，加润滑油，保持轴承润滑清洁
	4. 电刷质地太硬，刷压过高及集电环表面不光滑所引起电刷摩擦声，刷盒与电刷间隙太大，集电环径向偏摆引起电刷跳动	4. 换选适配电刷，修整刷压，排除电刷跳动，修整集电环光滑度和偏摆
通风噪声（空气动力噪声）	风扇噪声	风扇的笛声用调整风扇叶片片数给予解决；风扇涡流声用减小风扇外径给予解决；离心风扇调整扩大进口风面积，使进、出口风的面积比接近为 1
	通风道噪声	增加风扇外圆与风罩或端面内腔间隙；消除共振取消风道

注：本表适用于各类电动机。

第三节　绕组的改制和重绕

各种电动机均是按照一定的运行条件设计制成的，只有在按设计规定的条件下运行，电动机的性能才达到最佳状态。在一般情况下，改变电动机的某些运行条件是不允许的。然而，为了应急或节能挖潜等特殊需要，采取一些适当的措施后，可以对小功率三相异步电动机进行改压、改频，让它发挥新的特殊作用。

一、小功率三相异步电动机改接成单相电动机

在各种小型机械的配套中，应用小功率单相异步电动机作为动力源的情况很多。有时因电动机损坏，暂时无备件换上使用，为应急需要可将小功率三相异步电动机改接为单相电动机，其改接方法如图 2-13 ~

2-16 所示。

附图与式中符号意义分别如下：

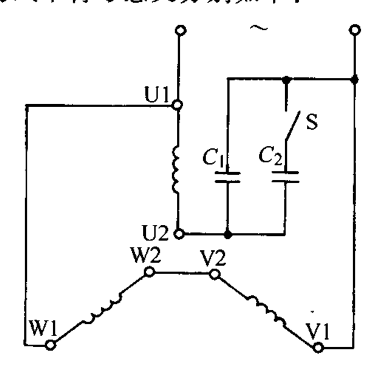


图 2-13 电容器串联于U相的单相电动机接线

$$C_1 = 2740\frac{I_1}{U_1}\ (\mu F)$$

$$C_2 = (2.5 \sim 3)\ C_1\ (\mu F)$$

$$U_{C1} = U_{C2} = 1.3U_1\ (V)$$

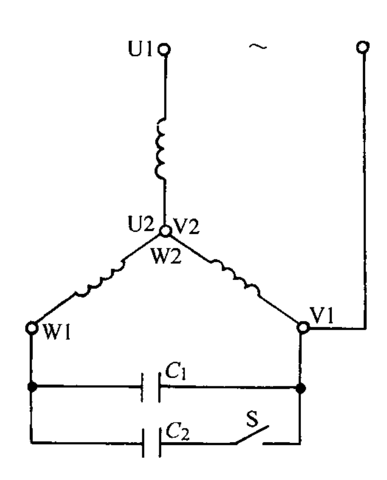


图 2-14 电容器联接于Y接法的单相电动机接线

$$C_1 = 2800\frac{I_1}{U_1}\ (\mu F)$$

$$C_2 = (2.5 \sim 3)\ C_1\ (\mu F)$$

$$U_{C1} = U_{C2} = 1.3U_1\ (V)$$

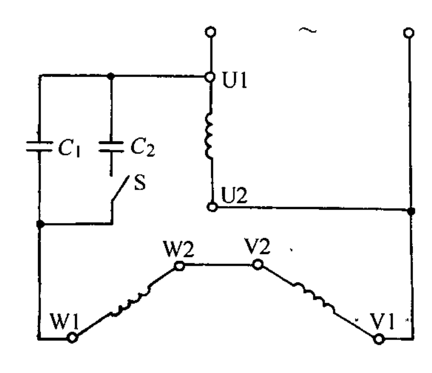


图 2-15 电容器串联于W-V相的单相电动机接线

$$C_1 = 1600\frac{I_1}{U_1}\ (\mu F)$$

$$C_2 \approx (2.5 \sim 3)\ C_1\ (\mu F)$$

$$U_{C1} = 2U_1\ (V)$$

$$U_{C2} = 1.3U_1\ (V)$$

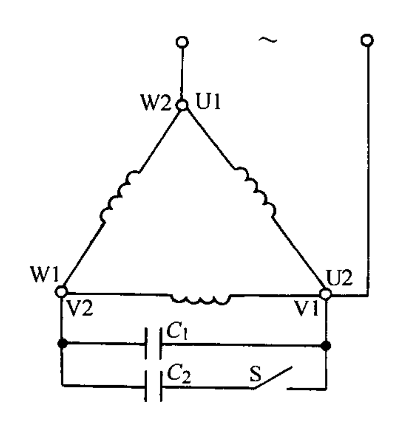


图 2-16 电容器联接于△接法的单相电动机接线

$$C_1 = 4800\frac{I_1}{U_1}\ (\mu F)$$

$$C_2 \approx (2.5 \sim 3)\ C_1\ (\mu F)$$

$$U_{C1} = U_{C2} = 1.3U_1\ (V)$$

C_1——运转电容器电容，μF；

C_2——起动电容器电容，μF；

U_{C1}——运转电容器工作电压，V；

U_{C2}——起动电容器工作电压，V；

U_1——单相电源电压，V；

I_1——小功率三相异步电动机的相电流，A。

这四种改接方法中，实际上是把小功率三相异步电动机改为双值电容单相电动机。C_1 是运转电容器，与定子三相绕组联接，长期投入运行；C_2 是起动电容器，增加电动机的起动力矩，帮助电动机起动；S 为起动开关（离心开关或继电器），当电动机达到额定转速 75% ~85% 时，才能断开 C_2 电容器，以防止长时间接入使定子绕组发热而烧坏电动机。

运转电容器 C_1 是长期投入运行，故不能选用电解电容器，须选用金属化纸介电容器，若采用油浸密封电容器则更好。起动电容器 C_2 是短时工作，所以

可选用电解电容器。

表 2-25 和表 2-26 分别列出了运转电容器和起动电容器的一部分型号、规格供选用时参考。

小功率三相异步电动机改接为单相电动机后，其输出功率至多只有原三相应用时的 70%。

若把图 2-14 改变接成图 2-17，就可以提高电动机输出功率。

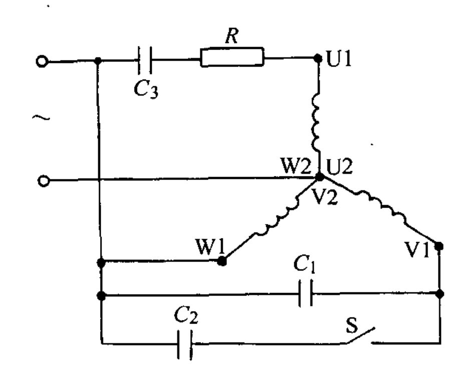


图 2-17 Y联结阻容单相电动机接线

$$R = 0.25\frac{U_1}{I_1}\ (\Omega)$$

$$C_1 = 1950\frac{I_1}{U_1\cos\phi}\ (\mu F)$$

$$C_2 \approx (2 \sim 4)\ C_1\ (\mu F)$$

$$C_3 \approx 2C_1\ (\mu F)$$

小功率三相异步电动机改接为单相电动机后，转速不变，调换两接线头（如 U_1，U_2 二端点变换一下）就可改变电动机旋转方向。

实例 一台 AO2 系列小功率三相异步电动机 AO2-8012 型号，输出额定功率为 750W，额定电流为 1.75A，额定电压为 380V，Y联结。若按图 2-14 接法改接运行于 220V 单相电源上，那么运转电容器电容 C_1 为

$$C_1 = 2800 I_1 / U_1 = 2800\frac{1.75}{220} = 22\mu F$$

起动电容器电容 C_2 为

$$C_2 = (2.5 \sim 3) C_1 = 2.5 \times 22 = 55\mu F$$

运转电容器和起动电容器的工作电压为

$$U_{C1} = U_{C2} = 1.3 U_1 = 1.3 \times 220 = 286V$$

为了提高电动机起动性能，在选择 C_2 起动电容器的规格时，其电容量可向上偏大的规格选取，可选用 CDJ 型交流铝介质电容器，电容量为 75μF，交流工作电压 220～240V；C_1 运转电容器选用 CBO60 型金属化纸介质电容器，其电容量为 25μF，交流工作电压为 400V。

表 2-25 运转电容器部分型号、规格参考

容量/μF	外形尺寸/mm	
	250V · AC/CBBO60	400V · AC/CBBO60
10	ϕ42×60	ϕ42×80
15	ϕ42×60	ϕ42×80
20	ϕ42×60	ϕ42×100
25	ϕ42×80	ϕ50×100
30	ϕ42×80	ϕ50×100
35	ϕ42×100	ϕ50×100
40	ϕ42×100	ϕ50×120
60	ϕ50×100	ϕ50×120

表 2-26 起动电容器部分型号、规格参考

容量/μF	外形尺寸/mm	
	CDJ-Q220V · AC	CDJ-QT220V · AC
75	ϕ34×60	ϕ34×66
100	ϕ34×60	ϕ34×66
150	ϕ42×80	ϕ42×86
200	ϕ42×80	ϕ42×86
300	ϕ42×80	ϕ42×86
400	ϕ50×80	ϕ50×86
500	ϕ50×80	ϕ50×86
600	ϕ50×80	ϕ50×86

二、小功率三相异步电动机改变电源电压及频率

（一）电源电压及频率变化对小功率三相异步电动机性能的影响

目前我国国内低压电网的供电电压已统一为 380V/220V，供电频率为 50Hz。我国制造的小功率三相异步电动机的额定线电压为 380V，供出口和派生的 60Hz 的小功率三相异步电动机的额定线电压有 440V，420V，415V，400V，380V，346V，270V 等。

供电电压和频率的变化会直接影响电动机的运行性能，变化情况可参见表 2-27。因此一般规定供电电压的变化偏差不超过 ±5%，供电频率的变化偏差应不大于 ±1%。

如果电源电压和频率变化过大，电动机将因电压过低使起动时间延长，甚至无法起动而发生电动机烧坏的故障。如果三相电压不平衡、三相电流不平衡比

率很大，将会造成绕组温升增加而影响绝缘性能，还有可能引起绕组烧坏的故障。当电源频率与电动机额定使用频率相差较大时，应将电动机绕组作相应更换。

表 2-27 电源电压和频率变化对电动机性能的影响

电动机性能	电源频率不变/电源电压变化	电源电压不变/电源频率变化
1. 堵转转矩	与电压平方成正比变化	近似于频率平方成反比变化
2. 最大转矩	与电压平方成正比变化	大致与频率平方成反比变化
3. 堵转电流	与电压成正比变化	大致与频率成反比变化
4. 额定电流	随电压降低而增加	大致与频率成反比变化
5. 空载电流	与电压 2~3 次方成比例	与频率 2~3 次方成反比变化
6. 最大功率	与电压平方成正比变化	与频率大致成反比
7. 效率	随电压降低而下降	与频率成比例变化
8. 总损耗	随电压降低而上升	随频率下降而上升
9. 功率因数	随电压增高而下降	与频率成比例变化
10. 同步转速	无变化	与频率成正比变化
11. 转差率	与电压平方成反比变化	与频率成正比变化
12. 温升	电压上升和下降变化大时，温升增加	功率一定时，频率增加，温升下降

（二）60Hz 的小功率三相异步电动机改为 50Hz 运行

在《三相交流电动机修理》已对三相异步电动机两种改频计算方法作了介绍，这里对小功率三相异步电动机的改频应用工作作一介绍。

由于近年来我国各行业引进较多国外配套设备（包括美国、日本、西欧等国），其中有一些是自供电的 60Hz 小功率三相异步电动机，也有一些不是自供电的，需要在我国的 50Hz 电网供电下运行，这就需要作一定的改频、调整工作，才能使引进的机械设备正常运转。同样，我国也出口一些国外需要的机械设备和装置，须在国外的 50Hz、60Hz 不同线电压的电源下运行，如果用 50Hz 的小功率三相异步电动机配套 60Hz 电源，则也需作一定的改频、调整工作。

60Hz 小功率三相异步电动机在 50Hz 电源上运行有两种情况：第一种情况是 60Hz 小功率三相异步电动机的额定电压与 50Hz 供电电压相等。这时电动机必须重新绕制定子线圈后，才能投入 50Hz 供电电网运行。否则频率下降 16.7%，并使电动机功率因数下降，效率降低，转速下降，散热变差，温升增高，甚至造成电动机损坏。第二种情况是 60Hz 小功率三相异步电动机直接接入 50Hz 供电电源上运行，供电电压要根据负载要求满足以下调整条件：

若负载要求恒转矩，则 50Hz 的供电电压应为

$$U_{50} = \frac{f_{50}}{f_{60}} U_{60} = \frac{50}{60} U_{60} \approx 0.833 U_{60}$$

若负载要求恒功率，则 50Hz 的供电电压应为

$$U_{50} = \sqrt{\frac{f_{50}}{f_{60}}} U_{60} = \sqrt{\frac{50}{60}} U_{60} \approx 0.913 U_{60}$$

按照上述调整条件，在负载要求恒转矩时，60Hz 额定电压为 440V 的小功率三相异步电动机才可直接接入 50Hz、380V 的供电电源上运行。当电动机负载转矩近似不变时，电动机额定转速下降为 $0.83n_1$，电流为 $0.85I_1$，输出功率为 $0.83P_2$，堵转转矩为 120%，堵转电流为 115%。

对 60Hz，460V、440V、380V、230V、200V 等各类小功率三相异步电动机均可通过调压器按照上述调整条件调节电源 50Hz 的供电电压运行，但转速将下降为 $0.83n_1$，在恒功率负载下电动机的堵转转矩则增为 140%。不过此法不常用，因调压器本身有能量损耗，不经济。

一般来说，若电动机要求批量大，宜重新绕制为好。在电压大变的情况下，保持输出功率不变，定子绕组匝数可作如下更改：

$$N_{(50)} = 1.1 N_{(60)}$$
$$N_{(60)} = 0.9 N_{(50)}$$

三、小功率三相异步电动机的节能挖潜

因小功率三相异步电动机的功率不大，所以对它的节能作用不够重视，然而小功率电动机在国民经济中使用量极大，我国年产量达 1000 万台之多，所以提高电动机的效率与挖潜节能具有相当重要的经济意

义。当然，这项工作除电机制造厂生产高效电动机外，对广大用户来说，尽可能选择与负载匹配合适的电动机，并合理使用，使电动机运行在最佳状态。例如：选择电动机功率过大，使电动机经常处于轻载或频繁空载运转状态，既浪费电能，又空耗电动机的潜在功能，更使电动机运行在最劣状态，就必须进行节能挖潜工作。一般中小型三相异步电动机均采用Y-△起动，而小功率三相异步电动机因功率小，均采用直接起动。

小功率三相异步电动机节能挖潜的其他措施有：

1）重绕电动机绕组时，改用薄型耐温级高的新绝缘材料，在槽满率允许的情况下，可适当增大线径，以降低铜耗，提高效率，提高电动机的输出功率。

2）对于多年使用的小功率三相异步电动机，若空载损耗大，效率、功率因数低，噪声大的电动机都有必要重新改制重绕或更新。

3）对使用中的小功率三相异步电动机与拖动的机械设备，要经常检查维护，尽可能排除减少一切机械摩擦损耗，包括电动机内部的积尘与通风降温的风摩损耗，可以进一步提高电动机与机械设备的效率。

四、小功率三相异步电动机的重绕计算

对于重绕的小功率三相异步电动机，拆卸时，必须记录定子绕组的各项参数，如绕组型式、极距、线圈节距、每槽导线数、导线的直径、接线方式等。这些绕组数据一般都要按重绕要求经过复核计算后才能得到。重绕的类型有：修复型重绕、改压重绕、改极重绕、改频重绕四种。下面扼要介绍这四种计算方法。

（一）修复型重绕

修复型重绕的前提是在无法采用局部小修定子绕组的情况下，采取重绕的一种措施。修复型重绕有两种情形：一是有铭牌与原绕组或无绕组的重绕，二是无铭牌又无原绕组的空壳重绕。

1. 有铭牌的小功率三相异步电动机修复型重绕计算

方法一：根据铭牌标志的型号、额定功率、电压、电流、频率、转速、接线、绝缘等级等数据及出厂编号、制造厂名，向制造厂索取电机设计数据，再按有关绕组数据重新绕线、嵌线、试验等。

方法二：根据铭牌标志的型号、额定功率、电压、电流、频率、转速、接线、绝缘等级等数据，参考有关电工手册或电动机修理手册，查取相同或近似型号规格的绕组等数据，复核后重新绕制线圈、嵌线、试验等。

方法三：对于有铭牌但已拆除原绕组的铁心，又无法获得绕组数据的电动机。可按铭牌标志的数据采用以下简易计算法进行重绕计算。小功率三相异步电动机重绕计算的程序图见图2-18。重绕计算的符号见表2-28。

（1）测取定子铁心数据　Q_1 定子槽数，D_1 定子铁心外径，D_{i1} 定子铁心内径，L 定子铁心长度（叠厚），h_j 定子铁心轭高，和定子槽形尺寸等。

（2）绕组型式选择

1）极数 $2p$

$$2p = \frac{120f}{n_1}$$

式中　p——极对数；

f——供电频率，Hz；

n_1——同步转速，r/min。

2）极距计算

$$\tau = \frac{Q_1}{2p}$$

3）每极每相槽数

$$q = \frac{Q_1}{2pm}$$

4）绕组选型按表2-5选择绕组型式。

5）确定线圈节距，$y=\tau$ 为整距绕组；$y<\tau$ 为短距绕组。

（3）绕组系数计算

1）分布系数 K_d

$$K_d = 0.5/q\sin\left(\frac{30°}{q}\right)$$

在60°相带的情况，分布系数 K_d 也可由表2-29查取

2）短距系数 K_p

$$K_p = \sin(\beta \times 90°)$$

式中　β——为短距比，$\beta = \frac{y}{\tau} = \frac{y}{Q_p}$；

Q_p——每极槽数。

单层绕组一般都等效于全距绕组 $y=\tau$，因此，短距系数 $K_p=1$。

短距系数除了按上式计算外，也可由表2-30查取。

由于短距绕组 $y<\tau$ 可减少高次谐波，绕组端部较短，节约铜线，降低铜耗，因此双层绕组中多采用短距绕组。短距绕组的节距一般采用 $y=\frac{5}{6}\tau$。

3）绕组系数 K_{dp}

$$K_{dp} = K_d \cdot K_p = 0.5/q\sin\left(\frac{30°}{q}\right)\cdot\sin(\beta\times 90°)$$

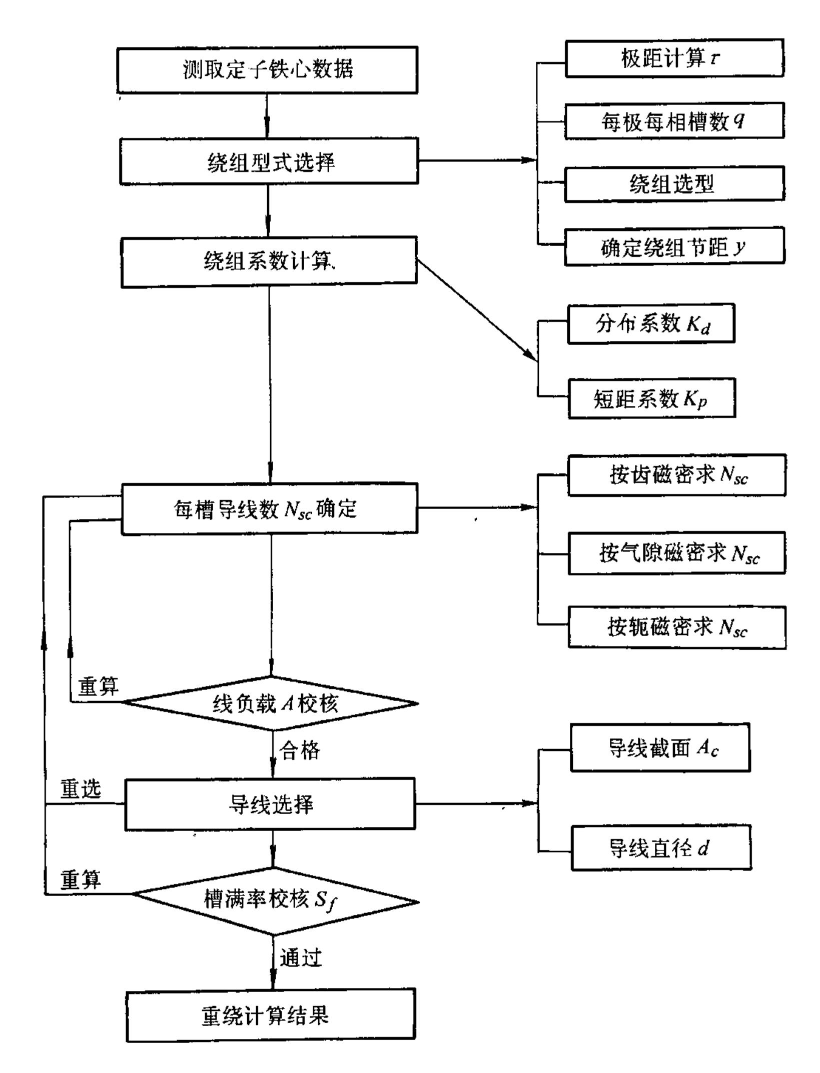


图 2-18　有铭牌的小功率三相异步电动机重绕计算程序

表 2-28　小功率三相异步电动机重绕计算符号

A——线负载	D_1——定子铁心外径
A_c——导线截面积	D_{i1}——定子铁心内径
A_s——槽面积	d_0——导线直径
A_{sc}——槽有效面积	d——带绝缘的导线直径
A_{si}——槽绝缘所占的面积	d_0'——改极重绕后导线直径
a_1——定子绕组并联支路数	d'——改压重绕后导线直径
B_{j1}——定子轭磁密	f——供电频率
B_{j2}——转子轭磁密	h——槽楔厚度
B_{t1}——定子齿磁密	h_j——定子铁心轭高
B_{t2}——转子齿磁密	h_s——定子铁心槽高
B_δ——气隙磁密	I_1——小功率三相异步电动机相电流
b_t——定子铁心齿部最小宽度	I_N——额定线电流
$\cos\varphi$——功率因数	J_1——电流密度
C_1——运转电容器电容	K_d——分布系数
C_2——起动电容器电容	K_p——短距系数
C_i——绝缘厚度	K_{dp}——绕组系数
L——定子铁心长度（叠厚）	U_N——线电压
N_c——导线并联根数	U_{50}——50Hz 的供电电压
N_{sc}——每槽导线数	U_{60}——60Hz 的供电电压

（续）

N'_{sc}——改极每槽导线数
n_1——同步转速
p——极对数
p'——改极重绕的极对数
P_N——额定功率
P'——改极重绕后的电动机输出功率
P——重绕前电动机输出功率
q——每极每相槽数
S_f——槽满率
t_1——定子齿距
U——单相电源电压
U_{c1}——运行电容器工作电压
U_{c2}——起动电容器工作电压
U_ϕ——相电压
$U\%$——改压电压比
U——重绕前的电源电压
U'——重绕后的电源电压
N_{sc}——改压重绕前的每槽匝数
N'_{sc}——改压重绕后的每槽匝数
$N_{(50)}$——50Hz 的定子绕组匝数
$N_{(60)}$——60Hz 的定子绕组匝数
y——线圈节距
y'——改极重绕的线圈节距
Q_1——定子槽数
Q_p——每极槽数
τ——极距
β——短距比
η——效率

表 2-29　三相异步电动机每极每相槽数 q 与绕组分布系数 K_d 的关系

每极每相槽数 q	1	2	3	4	5	6 以上
分布系数 K_d	1.0	0.966	0.96	0.958	0.957	0.956

表 2-30　三相异步电动机短距系数 K_p 与线圈节距 y 和每极槽数 Q_p 的对应关系

短距系数 K_p ／ 每极槽数 Q_p ／ 线圈节距 y	24	18	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
1—25	1.000												
1—24	0.933												
1—23	.991												
1—22	.981												
1—21	.966												
1—20	.947												
1—19	.924	1.000											
1—18	.897	0.996											
1—17	.866	.985	1.000										
1—16	.832	.966	0.995	1.000									
1—15	.793	.940	.981	0.995	1.000								
1—14	.752	.906	.956	.978	0.994	1.000							
1—13	.707	.866	.924	.951	.975	0.993	1.000						
1—12		.819	.882	.914	.944	.971	0.991	1.000					
1—11		.766	.831	.866	.901	.935	.966	0.990	1.000				
1—10		.707	.773	.809	.847	.884	.924	.960	0.988	1.000			
1—9			.707	.743	.782	.838	.866	.910	.951	0.985	1.000		
1—8				.669	.707	.749	.793	.841	.891	.940	0.981	1.000	
1—7						.663	.707	.756	.809	.866	.924	0.975	1.000
1—6								.655	.707	.766	.832	.901	0.966
1—5										.643	.707	.782	.866
1—4												.624	.707

（4）每槽导线数　每槽导线数 N_{sc} 计算采用比较法求取，即按定子齿、定子轭、气隙三部分所选最高磁密值，所求得的三个 N_{sc} 值，确定其中每槽导线数 N_{sc} 的最大值。

1）按定子齿磁密最高值求每槽导线数 N_{sc}

$$N_{sc} = \frac{8.68(1-\varepsilon_L)U_\phi p \times 10^2}{Q_1^2 b_t L B_t K_{dp}} (根/槽)$$

式中　$(1-\varepsilon_L)$——压降系数（一般取 0.75～0.95）；

U_ϕ——相电压（V），若绕组为丫联结，$U_\phi = U_N/\sqrt{3}$；若绕组为△联结，$U_\phi = U_N$；

U_N——线电压，V；

b_t——定子铁心齿部最小宽度，cm；

L——定子铁心长度，cm；

B_t——定子齿磁密，T；按表 2-31 选取。

2）按气隙磁密最高值求每槽导线数

$$N_{sc} = \frac{2.54(1-\varepsilon_L)U_\phi p \times 10^2}{D_{i1} L Q_1 B_\delta K_{dp}} (根/槽)$$

式中　D_{i1}——定子铁心内径，cm；

B_δ——气隙磁密，T，按表 2-31 选取。

3）按定子轭磁密最高值求每槽导线数

$$N_{sc} = \frac{1.44(1-\varepsilon_L)U_\phi \times 10^2}{Q_1 h_j L B_{j1} K_{dp}} (根/槽)$$

式中　h_j——定子铁心轭高，cm；

B_{j1}——定子轭磁密，T，按表 2-31 选取。

（5）线负载校核　小功率三相异步电动机实际线负载 A 为

$$A = \frac{N_{sc} I_1}{t_1 a_1} (A/cm)$$

式中　t_1——定子齿距，cm；

I_1——相电流，A；

a_1——定子绕组并联支路数。

上式计算结果，若与表 2-31 中 A 值的范围相符是合理的，若超过表中 A 值范围需要重新计算。

（6）导线选择

1）导线截面积

$$A_c = I_1/J_1 \quad (mm^2)$$

式中　J_1——电流密度，A/mm²；按表 2-31 选取。

2）导线直径

$$d_0 = 1.13\sqrt{A_c}$$

按标准线规查取（带绝缘漆）导线直径 d。

（7）槽满率校核

$$S_f = \frac{N_c N_{sc} d^2}{A_{sc}} \%$$

式中　N_c——导线并联根数；

A_{sc}——槽有效面积，mm²。

一般小功率三相异步电动机采用梨形槽和梯形槽（见图 2-19、2-20）。其槽面积计算如下：

表 2-31　三相异步电动机铁心磁密与绕组线负载、电流密度

电磁负荷名称		选用范围
铁心磁密（T）	气隙磁密 B_δ	0.40～0.65
	定子齿磁密 B_{t1}	1.30～1.60
	转子齿磁密 B_{t2}	1.30～1.60
	定子轭磁密 B_{j1}	1.00～1.55
	定子轭磁密 B_{j2}	1.00～1.55
线负载（2p=2）A/（A/cm）		105～125
线负载（2p=4）A/（A/cm）		120～165
定子绕组电密 J_4/（A/mm²）		6～8

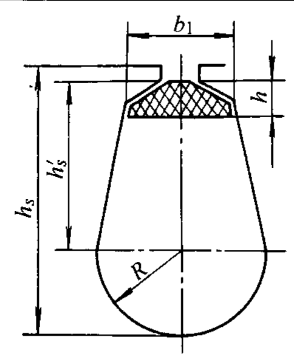


图 2-19　梨形槽尺寸

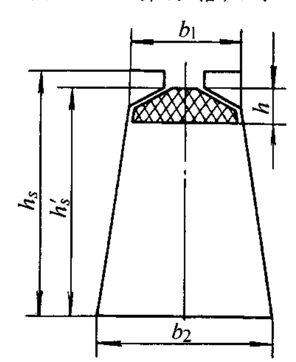


图 2-20　梯形槽尺寸

梨形槽 A_s

$$A_s = \frac{2R + b_1}{2}(h_s' - h) + 1.57R^2 \quad (mm^2)$$

梯形槽 A_s

$$A_s = \frac{b_2 + b_1}{2}(h_s' - h) \quad (mm^2)$$

上述梨形槽和梯形槽的计算结果是扣除了槽楔后的槽面积。上两式中的槽形各尺寸可以从定子铁心上实际测量获得。

槽有效面积 A_{sc}

$$A_{sc} = A_s - A_{si}$$

式中　A_{si}——槽绝缘所占的面积，mm^2。

梨形槽单层绕组 A_{si}

$$A_{si} = C_i(2H_s + \pi R)$$

梨形槽双层绕组 A_{si}

$$A_{si} = C_i(2H_s + \pi R + 2R + b_1)$$

梯形槽单层绕组 A_{si}

$$A_{si} = C_i(2H_s + b_2)$$

梯形槽双层绕组 A_{si}

$$A_{si} = C_i(2H_s + 2b_2)$$

式中　C_i——绝缘厚度，按不同绝缘等级所选用的槽绝缘实际厚度，mm；

h——槽楔厚度，mm。

对于漆包圆铜线槽满率应控制在 68% ~78% 的范围内。

实例　一台小功率三相异步电动机，铭牌标志数据为 $P=90W$，$U=380V$，$I=0.39A$，$n=1450r/min$，绕组丫接法。无绕组数据，需计算绕组数据后重绕修复。

（1）测取定子铁心数据　实例定子铁心数据 $Q_1=24$ 槽，$D_1=9cm$，$D_{i1}=5.6cm$，$L=4cm$，$h_j=0.615cm$，$b_t=0.3cm$，$R=0.315cm$；$H_s=0.7cm$，$h=0.18cm$；$b_1=0.47cm$

（2）绕组型式选择

1）极数 $2p$

$$2p = \frac{120f}{n} = \frac{120\times 50}{1450} \approx 4 \text{ 极}$$

2）极距计算

$$\tau = \frac{Q_1}{2p} = \frac{24}{4} = 6 \quad \text{槽}$$

3）每极每相槽数

$$q = \frac{Q_1}{2pm} = \frac{24}{4\times 3} = 2 \quad \text{槽}$$

4）绕组选型　单层链式

5）线圈节距

$$y = 1 - 6 \quad \text{槽}$$

（3）绕组系数计算

$$K_{dp} = K_d \cdot K_p \quad K_p = 1$$

$$K_{dp} = 0.5/q\sin\left(\frac{30°}{q}\right) = 0.5/2\sin\left(\frac{30°}{2}\right) = 0.966$$

（4）每槽导线数

1）按齿磁密最高值求每槽导线数

$$N_{sc} = \frac{8.68(1-\varepsilon_L)U_\phi p\times 10^2}{Q_1^2 b_t L B_{t1} K_{dp}} = \frac{8.68\times 0.82\times 220\times 2\times 10^2}{24^2\times 0.3\times 4\times 1.6\times 0.966} = 293 \quad \text{根/槽}$$

取压降系数 $(1-\varepsilon_L)$ 为 0.82，因额定电压 380V，丫联结相电压 $U_\phi=220V$，选齿磁密 $B_t=1.6T$。

2）按气隙磁密最高值求每槽导线数

$$N_{sc} = \frac{2.54(1-\varepsilon_L)U_\phi\cdot p\times 10^2}{D_{i1}LQ_1B_\delta K_{dp}} = \frac{2.54\times 0.82\times 220\times 2\times 10^2}{9\times 4\times 24\times 0.60\times 0.966} = 183 \quad \text{根/槽}$$

选气隙磁密 $B_\delta=0.6T$。

3）按轭磁密最高值求每槽导线数

$$N_{sc} = \frac{1.44(1-\varepsilon_L)U_\phi\times 10^2}{Q_1h_jLB_{j1}K_{dp}} = \frac{1.44\times 0.82\times 220\times 10^2}{24\times 0.615\times 4\times 1.55\times 0.966} = 294 \quad \text{根/槽}$$

选轭磁密 $B_j=1.55T$，选取每槽导线数 $N_{sc}=295$ 根/槽。

（5）线负载校核

$$A = \frac{N_{sc}I_1}{t_1\cdot a_1} = \frac{Q_1N_{sc}I_1}{3.14D_{i1}a_1} = \frac{24\times 295\times 0.39}{3.14\times 5.6\times 1} = 157 \quad A/cm$$

计算值在表 2-31 中 A 值的范围内。

（6）导线选择

1）导线截面

$$A_c = I_1/J_1 = 0.39/7 = 0.0557 \quad mm^2$$

取电流密度 $j_1=7A/mm^2$。

2）导线直径

$$d_0 = 1.13\sqrt{A_c} = 1.13\sqrt{0.0557} = 0.267 \quad mm$$

选用 QZ 型高强度漆包圆线，取 $d_0=0.27mm$。

（7）槽满率校核　实测梨形槽尺寸，计算其槽面积。

$$A_s = \frac{2R+b_1}{2}(h_s'-h) + 1.57R^2 = \frac{2\times 3.15+4.7}{2}(7-1.8) + 1.57\times 3.15^2 = 44.18$$

$$A_{si} = C_i(2h_s' + \pi R) = (0.15+0.05)\times(2\times 7 + 1.57\times 3.15) = 3.789$$

$$A_{sc} = A_s - A_{si} = 40.39$$

$$S_j = \frac{N_cN_{sc}d^2}{A_{sc}} = \frac{295\times(0.27+0.05)^2}{40.39} = 74.8\%$$

2. 无铭牌空壳的小功率三相异步电动机修复型重绕计算

方法一：对失落铭牌和定子绕组的电动机，但有原安装机械的负载功率和转速档案可查，在测空壳电动机定子铁心尺寸后，再查找本手册小功率三相异步电动机的有关技术数据，参考接近或相同的绕组数据进行重绕修复。

方法二：对既无定子绕组与铭牌，又缺乏其他应用档案参数的空壳电动机，只能测量定子铁心数据和采用经验公式进行重绕计算。重绕计算的程序可见图 2-21。

（1）极数估算

1）极数的经验估算

$$2p = 0.56\frac{D_{i1}}{h_j}$$

式中　h_j——定子铁心轭高，cm，$h_j = \frac{D_1 - D_{i1}}{2} - h_s$；

h_s——定子铁心槽高，cm。

按计算值取相近的偶整数值为极数。

2）由 D_{i1}/D_1 与 $2p$ 的关系查取极数，通过测量定子内径和外径的值，计算其比值就可查得极数。由于小功率三相异步电动机的定子铁心外径 D_1 都是标准的，而定子内径 D_{i1} 随极数的增加而增大，具有一定的比例关系如表 2-32 所示。

表 2-32　小功率三相异步电动机定子铁心内外径之比与极数的关系

定子铁心内外径比 D_{i1}/D_1	0.5～0.54	0.58～0.6
极数 $2p$	2	4

从极数的经验公式求得极数和由表 2-32 查得的极数相比较，就可判断电动机的原来的极数。

（2）绕组型式选择

1）极距计算的计算公式同前；

2）每极每相槽数的计算公式同前；

3）绕组选型按表 2-5 选择绕组型式；

4）确定线圈节距，$y=\tau$ 为整距绕组，$y<\tau$ 为短距绕组。

（3）绕组系数计算的方法同前。

（4）每槽导线数计算的方法同前。

（5）导线直径

$$d = \sqrt{\frac{S_f A_{sc}}{N_c N_{sc}}}(\text{mm})$$

（6）额定相电流

$$I_1 = J_1 A_c$$

（7）额定线电流

Y联结时，$I_N = I_1$

△联结时，$I_N = \sqrt{3} I_1$

（8）额定功率估算

$$P = 3U_\phi I_1 \cos\varphi\eta = \sqrt{3}U_N I_N \cos\varphi\eta(\text{W})$$

式中　$\cos\varphi$——功率因数；

η——效率，%。

$\cos\varphi$ 和 η 可在本章所列出的同类产品的技术数据中选取。

（9）线负载校核　方法同前。

实例　一台失落铭牌、又无绕组的空壳小功率三相异步电动机，试计算绕组技术参数后加以重绕修复。

（1）测取定子铁心数据　实测定子铁心数据 $Q_1 = 18$ 槽，$D_1 = 9\text{cm}$，$D_{i1} = 4.8\text{cm}$，$L = 4.8\text{cm}$，$h_j = 1.03\text{cm}$，$b_t = 0.38\text{cm}$，槽形尺寸 $b_1 = 5.1\text{mm}$，$h_s' = 6.5\text{mm}$，$R = 3.5\text{mm}$。

（2）极数估算

1）极数的经验估算

$$2p = 0.56\frac{D_{i1}}{h_j} = 0.56\frac{4.8}{1.03} = 2.6$$

取 $2p = 2$。

2）由 D_{i1}/D_1 与 $2p$ 的关系查表 2-31

$D_{i1}/D_1 = 4.8/9 = 0.53$　取 $2p = 2$。

3）同步转速

$$n_1 = \frac{120f}{2p} = \frac{120 \times 50}{2} = 3000\text{r/min}$$

（3）绕组型式选择

1）极距计算

$$\tau = \frac{Q_1}{2p} = \frac{18}{2} = 9 \quad 槽$$

2）每极每相槽数

$$q = \frac{Q_1}{2pm} = \frac{18}{2 \times 3} = 3 \quad 槽$$

3）绕组选型为定子绕组选用单层交叉。

4）线圈节距为 $y = \tau = 9$ 槽

（4）绕组系数计算　短距系数 $K_p = 1$，

$$K_{dp} = K_d = 0.5/q\sin\left(\frac{30°}{q}\right) = 0.5/3\sin\left(\frac{30°}{3}\right) = 0.96。$$

（5）每槽导线数

1）按齿磁密最高值求每槽导线数

$$N_{sc} = \frac{8.68(1-\varepsilon_L)U_\phi p \times 10^2}{Q_1^2 b_t L B_{t1} K_{dp}} = \frac{8.68 \times 0.82 \times 220 \times 1 \times 10^2}{18^2 \times 0.38 \times 4 \times 1.45 \times 0.96} = 228 \quad 根/槽$$

取压降系数 $(1-\varepsilon_L)$ 为 0.82，选额定电压 380V，

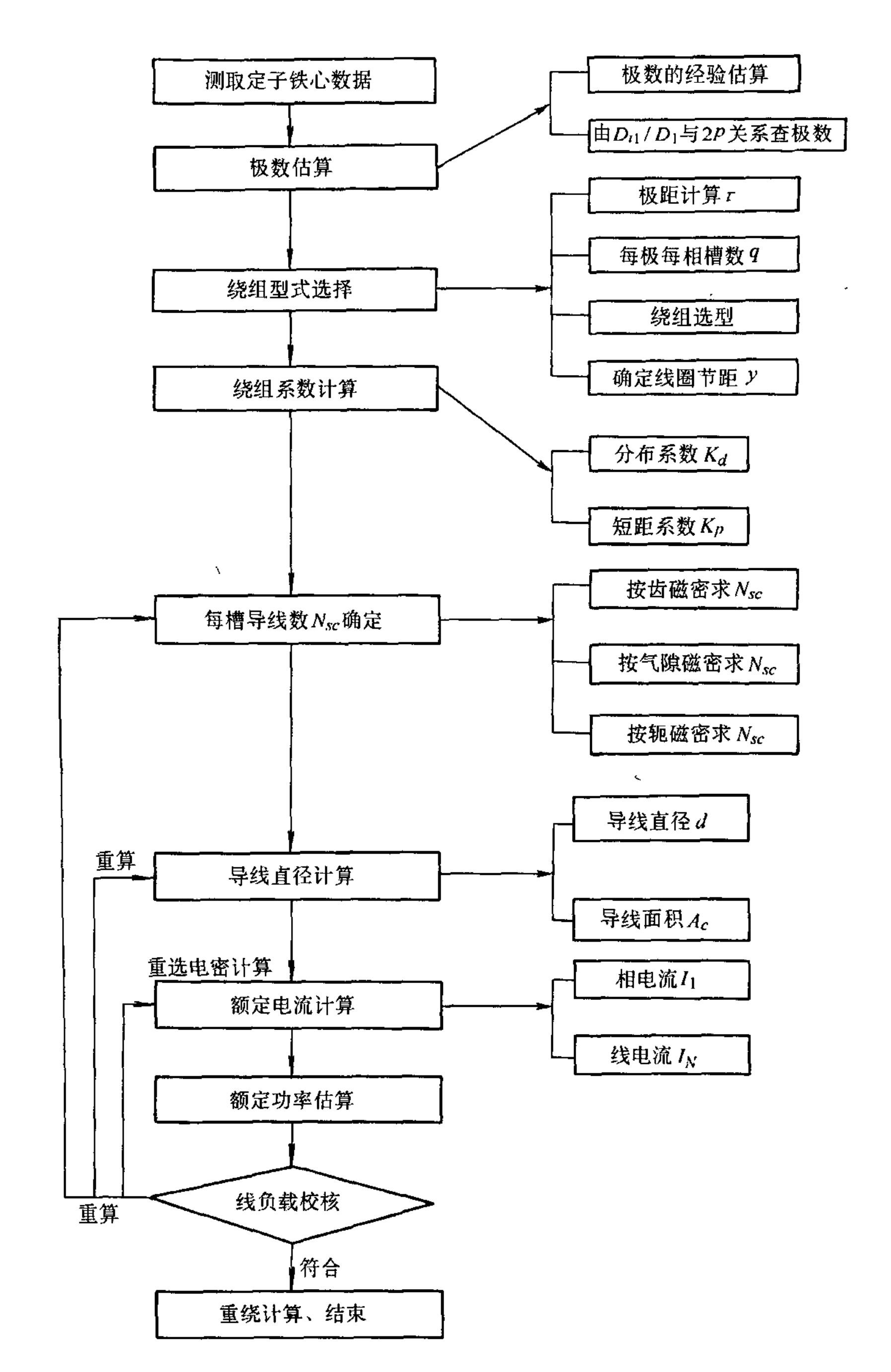


图 2-21 无铭牌、无绕组空壳的小功率三相异步电动机重绕计算程序

绕组采用丫联结，相电压 $U_{\phi}=220\text{V}$，选齿磁密为 1.45T。

2）按气隙磁密最高值求每槽导线数

$$N_{sc}=\frac{2.54(1-\varepsilon_L)U_{\phi}\cdot p\times10^2}{D_{i1}LQ_1B_{\delta}K_{dp}}=$$

$$\frac{2.54\times0.82\times220\times1\times10^2}{4.8\times4\times18\times0.55\times0.96}=$$

251 根/槽

选气隙磁密 $B_{\delta}=0.55\text{T}$。

3）按轭磁密最高值求每槽导线数

$$N_{sc}=\frac{1.44(1-\varepsilon_L)U_{\phi}\times10^2}{Q_1h_jLB_{j1}K_{dp}}=$$

$$\frac{1.44\times0.82\times220\times10^2}{18\times1.03\times4\times1.50\times0.96}=$$

243 根/槽

选轭磁密 $B_{j1}=1.5\text{T}$，选取每槽导线数 $N_{sc}=250$ 根/槽。

（6）导线直径

$$d=\sqrt{\frac{S_fA_{sc}}{N_cN_{sc}}}$$

$$A_s=\left[\frac{2R+b_1}{2}\right](h_s'-h)+1.57R^2=$$

$$\frac{2\times3.15+5.1}{2}\times(6.5-2)+$$

$$1.57\times(3.5)^2=46.46\text{mm}^2$$

$$A_{si} = C_i(2h_s' + \pi R) = 0.2 \times 24 = 4.8 \quad mm^2$$

$$A_{sc} = A_s - A_{si} = 41.66 \quad mm^2$$

$$d = \sqrt{\frac{S_f A_{sc}}{N_c N_{sc}}} = \sqrt{\frac{0.70 \times 41.66}{250}} = 0.34 \quad mm$$

$$d_0 = 0.34 - 0.05 = 0.29 \quad mm$$

（7）导线截面积

$$A_c = \frac{\pi}{4} d_0^2 = 0.785 \times 0.29^2 = 0.066 \quad mm^2$$

（8）额定相电流估算　取 $J_1 = 5.8 A/mm^2$

$$I_1 = J_1 A_c = 5.8 \times 0.066 = 0.383 \quad A$$

（9）额定功率估算　取 $\cos\varphi = 0.71$，

$$\eta = 0.67$$

$$p = 3U_\phi I_1 \cos\varphi\ \eta = 3 \times 220 \times 0.383 \times 0.67 \times 0.71 = 120.2 \quad W$$

（10）校核线负载

$$A = \frac{N_{sc} I_1}{t_1 a_1} = \frac{Q_1 N_{sc} I_1}{3.14 D_{i1} a_1} = \frac{18 \times 250 \times 0.383}{3.14 \times 4.8 \times 1} = 114.4 \quad A/cm$$

计算值在表2-31中 A 值范围内。

（二）改压重绕

由表2-33可知目前世界各国使用的电压和频率都不统一，近年来我国电机、电器产品的出口贸易量大幅度增加，为了使配套的小功率三相异步电动机适应国外电网电压要求（例如，印度、马来西亚等国电网电压是400V/230V），只能另行设计制造或对成品电动机作改压调整。又如从国外进口的设备配套的小功率三相异步电动机额定电压是400V/230V或415V/240V，若在我国电网下运行，也需要作改压调整工作。

小功率三相异步电动机的改压调整工作有两种方法：一种是改变绕组接线改压，改接的计算和要求可参见《三相交流电动机修理》改压重绕计算；另一种方法是改压重绕。当小功率三相异步电动机不能采用改接线圈进行改压。或采用绕组接线改接后的电压误差值$\left(\frac{U\%_{计} - U\%_{选}}{U\%_{选}} \times 100\%\right)$超过±5%允许范围，就必须拆换绕组重绕。为了使改压重绕工作达到快速修复的目的，改压重绕计算可采用简易的计算方法，保持同原绕组每匝电压基本不变，保持绕组导线中的电流密度基本不变，按比例关系计算出重绕绕组的匝数和导线直径。改压重绕的绕组其绕组形式、线圈节距及接线方式与原绕组一致，每匝电压也不变。

改压重绕的计算程序方法如下：

（1）改压后的每槽匝数

$$N_{sc}' = N_{sc} \frac{U'}{U}$$

式中　N_{sc}——重绕前的每槽匝数；

U——重绕前的电源电压；

U'——重绕后的电源电压。

（2）改压后的导线直径

$$d' = d \frac{U}{U'}$$

式中　d——重绕前的导线直径。

（3）改压后的槽满率校核　计算方法同前。当电压由低改高时，如槽绝缘有所加厚，则槽满率校核不可忽略。

实例1　某厂有一台6级、380V、50Hz一路Y接线的小功率三相异步电动机，决定配套出口黎巴嫩。黎巴嫩电网频率50Hz，而电网线电压是190V，相电压为110V。因时间紧迫，来不及向制造厂订货，决定自行解决。

1）计算改压的电压比 $U\%$

$$U\% = \frac{U'}{U} \times 100\% = \frac{190}{380} \times 100\% = 50\%$$

2）查表3-46得，对应改接后接线是两路Y（$U\% = 50\%$）

3）检验改接后绕组并联支路数与极数关系

$$\frac{2p}{a} = \frac{6}{2} = 3 = 整数$$

4）检验电压误差

$$\frac{U\%_{计} - U\%_{选}}{U\%_{选}} = \frac{50 - 50}{50} \times 100\% = 0$$

绕组改接后电压比误差小于5%符合要求，故改接为两路Y接法后可直接出口黎巴嫩。

实例2　上例某厂另有一笔业务，即向墨西哥出口配套的电动机也是六极380V、50Hz一路Y联结的小功率三相异步电动机。墨西哥的电网频率为60Hz，电网的线电压有220V及127V两种，客户要求使用在127V电网电压。试计算能否自行解决？

（1）一台380V、50Hz的电动机使用在60Hz的电网上，要达到原电动机性能，则应配的电网电压计算如下：

1）按恒转矩要求

$$U_{60} = U_{50} \cdot \frac{f_{60}}{f_{50}} = 380 \times \frac{60}{50} = 456V$$

2）按恒功率要求

$$U_{60} = U_{50} \cdot \sqrt{\frac{f_{60}}{f_{50}}} = 380 \times \sqrt{\frac{60}{50}} = 416.3 \quad V$$

（2）计算改压电压比

$$U\%_{计(1)} = \frac{127}{456} \times 100\% = 27.85\%$$

表 2-33　世界部分国家和地区电网电压和频率

三相电压/V	220/380	100 200	230 460	220 240	230 400	240 415	127 220	110 220	110 220
单相电压/V	220	110 220	115 200 230	110 120 240	230	240	110 220	120 127	
频率/Hz	50	50/60	60	60	50	50	60	60	60
部分国家和地区	中国、阿富汗、布隆迪、伊朗、约旦、泰国、土耳其、象牙海岸、安哥拉、阿根廷、智利、加蓬、几内亚、毛里塔尼亚、莫桑比克、赞比亚、奥地利、比利时、丹麦、西德、冰岛、尼日尔、上澳尔特、格陵兰、爱尔兰、葡萄牙、瑞士、也门、西班牙、希腊、新西兰、保加利亚、捷克、匈牙利、波兰、罗马尼亚、南斯拉夫、费利南多波岛、法国、瑞典、土耳其、意大利、乌拉圭、伊拉克	日本 朝鲜 台湾省	美国	加拿大	孟加拉 马来西亚 马拉维 毛里求斯 新加坡 尼日里亚 挪威 巴基斯坦 印度 沙特阿拉伯 斯里兰卡	英国 乌干达 马尔他 科威特 肯尼亚 澳大利亚 塞浦路斯 斐济	墨西哥 危地马拉 洪都拉斯	玻利维亚 巴巴多斯 哥伦比亚 厄瓜多尔 关岛 秘鲁 巴西	卢森堡 澳门 马达加斯加 埃及 牙买加 加那利群岛

$$U\%_{计(2)} = \frac{127}{416.3} \times 100\% = 30.51\%$$

（3）查《三相电动机修理》表 1-79 原绕组项一路Y联结横行中得最接近的电压比是 29%，即对应两路△联结。

（4）检验改接后绕组并联支路数与极数关系

$$\frac{2p}{a} = \frac{6}{2} = 整数$$

（5）检验电压误差

1）按恒转矩要求

$$\frac{U\%_{计} - U\%_{选}}{U\%_{选}} = \frac{27.85 - 29}{29} \times 100\% \approx -4\%$$

2）按恒功率要求

$$\frac{U\%_{计} - U\%_{选}}{U\%_{选}} = \frac{30.51 - 29}{29} \times 100\% \approx 5\%$$

由上可见，若按两路△联结，电动机能满足要求，可配套出口墨西哥。

严格说，按恒功率要求已略有超差，但小功率三相异步电动机的磁密不太饱和，频率上升后电动机转速会上升，若通风好，电动机温升不会超差，可放心使用。

（三）改极重绕

在工业应用中，所选用的小功率三相异步电动机与负载要求的转速有时不匹配，若靠改变接线来实现改极又不行，此时须对小功率三相异步电动机进行改极重绕。在改极重绕工作中，应对以下三个问题应给予重视。

1）改极重绕后小功率三相异步电动机的输出功率相应发生变化。极数改少，输出功率提高；反之极数增多，输出功率则降低。这要注意改极后的电动机实际输出功率能否满足使用要求。

2）改极重绕会引起定子铁心各部分磁密变化。若极数改少，则应使铁轭磁密在规定范围内，每槽导线数一般须按铁轭磁密值来选择；反之，则应使铁心齿磁密在规定的范围内，每槽导线数一般须按铁心齿磁密来选择。

3）改极重绕计算时，必须对定、转子的槽配合进行校核。若定、转子槽配合不妥，则电动机将会产生强烈的噪声，并出现不易起动或转速降低等现象。为此应参阅《三相交流电动机修理》校验槽配合的各不等式成立或见表 2-34 小功率三相异步电动机常用的定、转子槽配合参考值。

改极重绕计算方法可参见《三相交流电动机修理》，下面介绍一种较简便的计算方法。

（1）定、转子槽配合复核　定、转子槽配合复核见第二章。

表 2-34 小功率三相异步电动机定、转子槽配合参考值

极数	定子槽数 Q_1	转子槽数 Q_2
2	12	15，8
2	18	15，12
2	24	18，27，28，31
4	24	18，22，30
4	36	34

（2）求每槽导线数

1）若极数改少，每槽导线数按铁轭磁密值计算

$$N_{sc}' = \frac{1.44(1-\varepsilon_L)U_\phi \times 10^2}{Q_1 h_j L B_{j1} K_{dp}} \quad （根／槽）$$

2）若极数增多，由于极距、铁轭磁密下降，为使其不致下降过多，气隙磁密可提高，一般在 5% ~ 10% 范围内。同时，齿磁密也相应提高，但要控制齿磁密值不超过允许值。每槽导线数可用以下两式中任意一计算式求得

每槽导线数按极对数比求取：

$$N_{sc}' = N_{sc}\frac{p'}{p} \times 95\% \quad （根／槽）$$

式中 N_{sc}——原每槽导线数；

p——原极对数；

p'——改极重绕的极对数。

每槽导线数按齿磁密值计算：

$$N_{sc}' = \frac{8.68(1-\varepsilon_L)U_\phi p \times 10^2}{Q_1^2 b_t L B_{t1} K_{dp}} \quad （根／槽）$$

（3）利用原线圈节距求改极重绕的线圈节距

$$y' = y\frac{p}{p'}$$

式中 y——原线圈节距。

（4）改极重绕的导线直径计算　若保持改极重绕前后槽满率不变，则改极重绕的导线直径由下式求得：

$$d_0' = d_0\sqrt{\frac{N_{sc}}{N_{sc}'}}$$

（5）改极重绕后的电动机输出功率估算

$$P' = P\frac{(d_0')^2}{d_0^2}$$

式中 P——重绕前电动机输出功率。

实例　一台 JW12-4、800W、四极小功率三相异步电动机，电压 380V，丫联结。今需改为八极。试求改极后绕组数据。

（1）拆除原绕组并测量和记录如下数据　定子槽数 $Q_1=24$；铁心内径 $D_{i1}=7$cm，铁心长度（叠厚）$L=10$cm，轭高 $h_j=0.87$cm；每槽导线数 $N_{sc}=86$ 根/槽，线圈节距 $y=5$ 槽；导线直径 $d_0=0.69$mm，导线带绝缘外径 $d=0.77$mm，单层绕组并联支路数 $a=1$。

（2）改极线圈节距

$$y' = y\frac{p}{p'} = 5 \times \frac{4}{8} = 2.5 \quad 槽$$

取 $y'=3$　槽

（3）改极每槽导线数

$$N_{sc}' = N_{sc}\frac{p'}{p} \times 95\% = 86\frac{8}{4} \times 0.95$$

$$= 163 \quad 根／槽$$

（4）改极绕组导线直径

$$d_0' = d_0\sqrt{\frac{N_{sc}}{N_{sc}'}} = 0.69\sqrt{\frac{86}{163}} = 0.5\text{mm}$$

可选 QZ-2 型高强度漆包圆铜线，裸直径 0.5mm，带绝缘外径为 0.56mm。

（5）改极重绕后的电动机输出功率

$$P' = P\frac{(d_0')^2}{d_0^2} = 800\frac{0.5^2}{0.69^2} = 420\text{W}$$

电动机改为八极后，输出功率将降为 420W。改极绕组接线方式不变，可仍用单层一路丫联结，线圈节距 $y=3$ 槽，每槽导线数 N_{sc}' 取为 160 根/槽。

（四）改频重绕

近几年来随着进出口设备量的增加，作为小型设备动力源的小功率三相异步电动机需求量也相应增加。因目前世界各国电网频率并不统一，所以电动机制造厂必须按所需电网频率设计制造，但是有的配套电机仍不符当地电网频率，必须对电动机作改频工作。改频工作内容有 60Hz 电动机改为在 50Hz 电网上运行和 50Hz 电机改在 60Hz 电网上运行，或是改成大于 60Hz 或小于 50Hz 的要求。

关于改频重绕计算的方法可参阅《三相交流电动机修理》。

五、定子绕组重绕工艺

（一）拆除原绕组

小功率三相异步电动机体积小，定子铁心槽形一般采用半闭口槽，拆除绕组通常可采用以下三种方法。

1. 电流加热法

在每相绕组中通入单相低压大电流加热，如 3 ~ 5kVA、380V/10 ~ 15V 变压器获得，当绕组端部绝缘漆软化出现烟味时，即可切断电源，退出槽楔，乘热迅速拆除绕组。

2. 烘热加热法

先切割线圈的一端，放入烘箱加温至 130℃，保

温 2 ~ 3h（注意加温不能太高，尤其不宜把定子直接放在明火上烤烘，防止硅钢片性能变坏），使绕组绝缘软化，然后从烘箱内取出，拆除槽楔，逐个拉出线圈。此时要防止铁心两端现现“扇张”和槽口损坏现象。

3. 溶剂溶解法

1）直接将电动机定子绕组浸于甲苯中，待 24h 后绕组绝缘软化即可取出，然后退出槽楔，拆除定子绕组。

2）配制 25% 丙酮、20% 酒精和 55% 苯的混合溶剂，将电动机浸泡约 1h，待绕组绝缘漆软化即可拆除绕组。

拆除绕组后，铁心槽内残留的绝缘物和绝缘漆膜应彻底去除干净。再用丙酮或汽油擦清，槽口和槽底不能用锉刀锉修，以免影响重绕后的电动机性能。

（二）绕制新线圈

先按重绕线圈的数据制作绕线模。绕线模尺寸应较准确。绕组端部太长不但耗费铜线，而且装配时还会与端盖相碰，造成高压击穿；同时，绕组电阻和端部漏抗的增大将影响电动机的性能。绕线模太短，会造成嵌线困难。关于单层链式、同心式、交叉式绕组的绕线模的计算见附录附表 2-32。

小功率三相异步电动机一般都采用散嵌式线圈。由于匝数多应在专用绕线机上绕制。绕组绕制方法有两种：

1）以极相组为单位绕制。

2）属于一相的所有线圈可一次连绕而成，在绕完一极相组时，放长约 1 圈作为连接下一个极相组之用，并套入套管。这一绕制方法可省去接线工序，提高了工效，又节约材料。但嵌线时需采用穿线工艺。

绕制线圈时的注意事项：

1）检查电磁线牌号、规格、绝缘厚度公差，导线直径等是否符合重绕新线圈的数据要求。

2）绕制前应检查绕线机指示计圈器运转是否正常，指示是否复位至零位。

3）绕制过程中应控制绕线机的速度和铜线上的承受拉力。

4）要使铜线在用手捏紧的裹上石蜡的毛毡（或抹布）内通过。

5）同心式线圈绕制从小线圈起绕，导线必须排列整齐，避免交叉。导线的绝缘漆膜不要受损伤。匝数必须正确。当导线不够需要连接时，焊接头应选在线圈的端部，线圈绕好后，用纱线通过夹板的线槽将线圈扎牢。线圈的头尾应放长 1/3 圈以便绕组连接。

6）新线圈绕成型后，需用电桥测量其直流电阻。设法调整到每相电阻值相等，用匝数测试仪检查线圈匝数。

7）所有线圈的绕制方向应保持一致。

（三）配制槽绝缘

1. 绝缘材料

常用的绝缘材料见第三章。

2. 槽绝缘结构

这里列出了 AO2 小功率三相异步电动机的槽绝缘规范，见表 2-35。

表 2-35　AO2 小功率三相异步电动机槽绝缘规范

电机型号	绝缘等级	绝缘材料厚度/mm	总厚度/mm
AO2	E	0.30 / 0.15 聚脂薄膜青壳纸复合	0.35 ~ 0.20
		0.05 聚脂薄膜	

聚脂薄膜主要承受电气强度（耐压用），而青壳纸起机械保护作用，防止槽壁损伤主绝缘。

槽绝缘的规范较多，因各制造厂工艺不同而有差异，通常 E 级采用聚脂薄膜、青壳纸；B 级采用聚脂薄膜、聚酯纤维纸复合箔 DMD；F 级采用聚脂薄膜、芳香聚酰胺复合箔 NMN；H 级采用聚酰亚胺薄膜、芳香聚酰胺复合箔 NHN；C 级采用聚酰亚胺薄膜。

槽绝缘结构通常有以下几种形式：

1）槽绝缘按出槽口处的情况，可分成不加强型、折转加强型及折转并进入槽内加强型三种，见图 2-22。

2）引槽纸在使用中可分为两种情况，一种是临时性安放，在线圈嵌入槽内后将其抽去；另一种是作为主绝缘一部分，在嵌好线后将引槽纸剪平、褶合封好后敲上槽楔，见图 2-23。

3）按是否使用槽盖纸的情况，分为两种情况：使用槽盖纸的见图 2-23b）；不使用槽盖纸的（或使用引槽纸与否动）须在嵌线后沿槽口将主绝缘剪齐，然后褶合封好，用槽楔压紧。

3. 槽绝缘尺寸的计算和剪裁绝缘

（1）槽绝缘的长度一般按电动机的容量而定，在小功率三相异步电动机中槽绝缘伸出铁心一端的长度至少在 5 ~ 8mm。

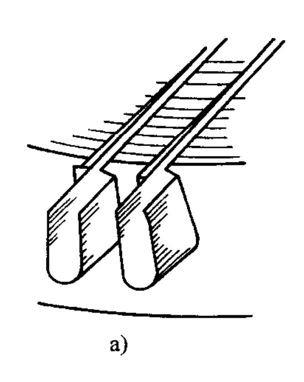
（2）槽绝缘的宽度按图 2-24 计算

主槽绝缘宽度

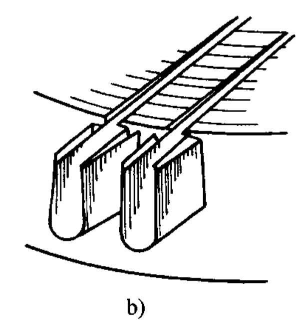
$$B \approx \pi R + 2(h_s - R) + L_1 (\mathrm{mm})$$

$$(L_1 \text{ 取 } 0 \sim 20\mathrm{mm})$$

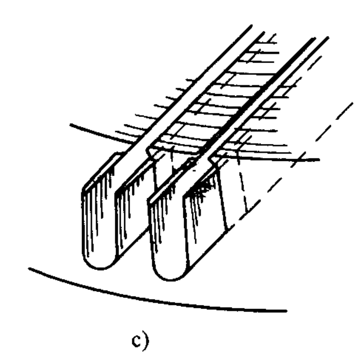
引槽纸宽度



a)

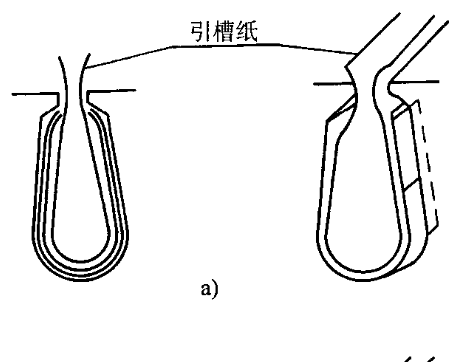


b)

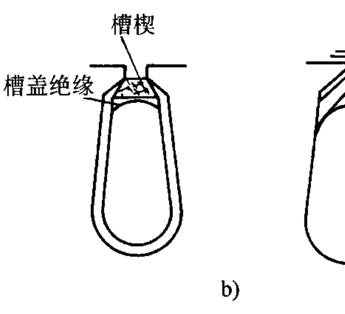


c)

图 2-22 槽绝缘出槽口处的方式
a）出槽口处不加强绝缘 b）出槽口处折转加强绝缘 c）出槽口处折转并进入槽内加强绝缘



a)



b)

图 2-23 槽绝缘的安放
a）槽绝缘 b）槽楔和槽盖绝缘

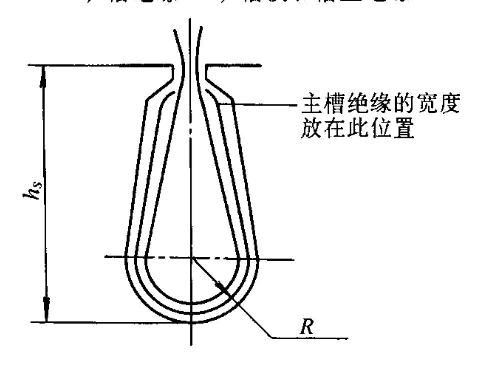


图 2-24 槽绝缘尺寸计算图

$$B' \approx B + 10 \sim 20 \ (\text{mm})$$

（3）剪裁绝缘时应注意：

1）剪裁绝缘纸应沿纸张的延压方向；

2）裁剪玻璃漆布应与斜纹方向成 30°～45°。

（四）嵌线工序

1. 嵌线前的准备工作

1）在重绕计算后，一般要绘制绕组展开图，修理者须从中制订嵌线工艺和接线规律，并绘制绕组接线图。

2）要弄清楚出线要求，如绝缘等级、出线方向、线圈节距、线圈匝数等。

3）核对线圈、绝缘、铁心三者是否与重绕嵌线要求相符。

4）检查铁心清理质量，槽内应无硬刺、杂物等，必要时修正铁心钢片的弯曲变形。

5）理好出线头位置。

6）将槽绝缘按槽形折成一定形状塞入槽内，勿使槽边刮伤槽绝缘，并使槽绝缘两边伸出铁心的距离相等。

7）准备好嵌线用的工具如压线板、理线板（划棒）、剪刀、尖嘴钳及木锤或橡皮榔头等。

8）若利用原槽楔，要检查槽楔是否破损或老化，不合适的应更换新槽楔，对于 E 级和 B 级绝缘的槽楔都可采用竹青部分为材料，制成后的槽楔一般应放在变压器油内煎煮，否则久放不用会发霉变质。槽楔进入端要倒角以防槽楔划破绝缘。

2. 嵌线操作手法

嵌线操作手法十分重要。手法好、正确、嵌线速度快，嵌出的线圈质量好。嵌线要求线圈端部外圆无其他线交叉，连接线不拱起，外观整齐，槽楔伸出槽口一致整齐，线圈端部伸出铁心两端对称，导线绝缘无损坏，线圈间和相间无短路隐患。

小功率三相异步电动机因体积小，一般采用“抱嵌”嵌线方法。如果采用“外压装”，定子铁心

下方需用木架子固定，防止铁心滚动。

现以双层叠绕组嵌线为例，介绍嵌线操作手法。

（1）嵌线前线圈的引线整理和整形　先将要嵌的线圈的引线理直，并套上绝缘套管。通常都是右手捏线，因此，要求绕线时在左边起头。把线圈尾线的那一组作为第一组嵌入槽内，使线圈间连线的跨距比线圈的节距大一槽。为了不使连接线拱出线圈外面，形成端部外圆上的线交叉不齐，须把连接过线处理在线圈内侧，见图2-25。

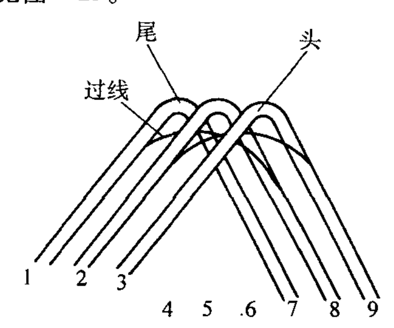


图2-25　线圈端部连接线的处理

线圈节距1～7　过线跨距1～8

把线圈两边向上捏住，而将两鼻端向下揿，使线圈宽度压缩一下，用右手大姆指和食指把线圈的下层边捏住，左手捏住上层边，然后将线圈两边按图2-26所示方向扭动一下，使得线圈下层边内侧导线扭在下面，线圈上层边外侧扭在上面。

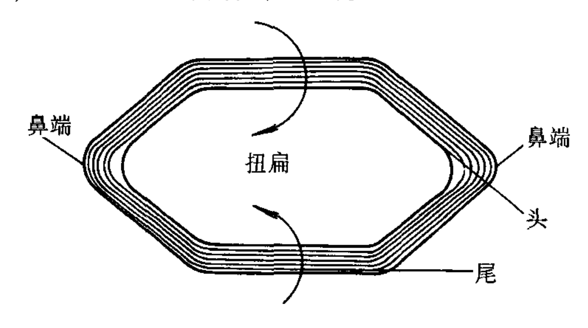


图2-26　嵌线前线圈整形

线圈通过上述整形有如下两点好处：

1）由于两边扭动一下，线圈内的导线发生变位，线圈鼻端有了自由伸缩的余地，嵌线、整形方便。

2）由于线圈在绕线模上绕好后是平直、整齐有序排列，而嵌好线的线圈两边在槽内基本上呈八字形排列，槽上部线匝和槽下部的线匝所占弧长不同，若不采取两边扭动，则槽上部的导线势必拱起来。所以上述整形既可使槽上部导线不上拱，而且线圈鼻端扁而薄，适合线圈端部交叠。

（2）线圈嵌线方法　线圈两边经扭动后，右手将下层边的前方尽量捏扁，引线放于第一根先下槽，顺手推入槽口，然后推入其余导线。在定子铁心另一端用左手接住线圈下层边，尽可能将线圈下层边一次拉入槽内。少数剩余导线，可借助理线板（划棒）划入槽内。入槽导线一定要排列整齐平行，否则无法使全部导线嵌入槽内，甚至造成导线绝缘擦伤。此时须观察槽绝缘是否移动，严防导线与铁心相摩擦，发生绕组接地故障。线圈下层边伸出槽外要均等。当槽内下层边嵌好后，要放层间绝缘（绝缘纸条折成⌒形的垫条）覆盖住下层边，用压线板压住，下层边导线不能露在层间绝缘上面。

（3）上下层线圈的嵌线顺序和注意要点　双层绕组的嵌线要采用“吊把”工艺，即先嵌下层线圈的一边，上层一边要暂时吊起来，如图2-27所示。线圈1从第5′槽开始嵌完下层边后，线圈2、3、4的下层边依次嵌入第6′、第7′、第8′槽内，而上层边都不能马上嵌入第1′、第2′、第3′、第4′槽上层，要用绝缘纸垫好，防止与铁心槽口相碰擦伤线圈。当嵌完线圈5下层边入第9′槽时，即相当于线圈一个节距4槽，线圈5上层边就可嵌入第5′槽的上层（线圈1的下层边已嵌好）。以后依次把各线圈下层边与上层边同时嵌好，直到嵌完最后一个节距的线圈上、下层边后，才可把最初“吊把”的线圈1、2、3、4上层边逐一嵌下，嵌入相应的第1′、第2′、第3′、第4′槽上层。

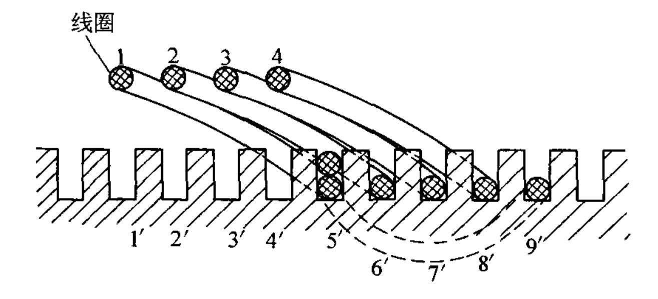


图2-27　双层绕组嵌线顺序示意

线圈节距$y=1\sim5$

从嵌第一个下层边开始，就应将每个线圈的端部按下去一些便于嵌线。在嵌完第一个上层边后，应用手掌根部把端部往下按，以后每下完一个线圈上层边就按一下，使其不超过铁心内圆，以免造成整个定子线圈嵌线困难。

嵌线圈上层边方法：把上层边推至槽口，用左手大姆指及食指把线圈上层边捏扁，依次送入槽内，同时右手借助理线板在上层边两边交替地将导线划入槽内，用两手掌根压下线圈端部使线圈扩张开来，不使后嵌导线集中在槽口。

（4）线圈封槽口及端部成形　当上下层线圈全部嵌完后，用压线板压实导线，但不可重撬。注意线圈端部槽口转角处很容易凸起，要用竹板或酚醛布板垫住轻敲服贴。剪去露出槽口的引槽纸，用理线板将槽绝缘两边折拢覆盖住导线，用压线板作导向，从槽口

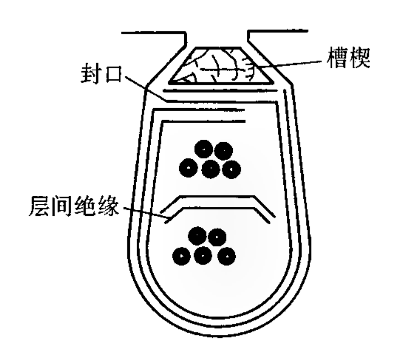
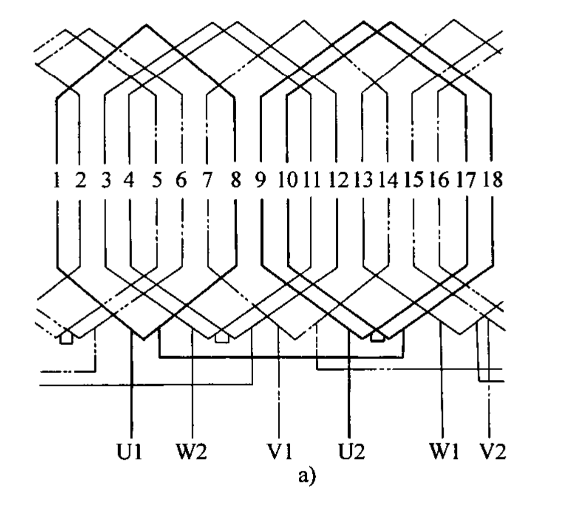


图 2-28　槽口的绝缘处理

一端推入槽楔，如图 2-28 所示。槽楔进槽的松紧程度要适中。

放端部相间绝缘，使其压住层间绝缘垫条，并与槽绝缘接触。线圈全部嵌完后，用橡皮榔头或垫着竹板轻轻敲打端部，使线圈两端整形为喇叭口，其直径大小要适中，大批制造或经常修理的电动机可配制线圈端部整形框。端部与机壳要有一定距离，既便于通风散热，又不影响转子装配。整形后要剪修相绝缘，使其高出线圈 2～3mm。因小功率三相异步电动机绕组的线径较细，嵌线时应防止导线扭曲、打结、折断和导线漆膜损伤。

单层绕组嵌线手法与双层绕组嵌线手法基本相同。单层绕组不用放层间绝缘。将线嵌入槽内即可封槽口，压入槽楔。不过单层绕组为了保证线圈端部美观、坚固，常采用有规则的“隔槽嵌线”的方法。根据不同的间隔方法，分成链式（同心链式、等距链式、交叉链式）和同心式（二平面、三平面）等多种形式。同样的绕组可以采用不同的嵌线方法而得出不同的名称（根据各厂的传统习惯确定采用某一种嵌线方法作为工厂的生产手段）。如图 2-29～图 2-32 表示 18 槽二极的各种嵌线方法。



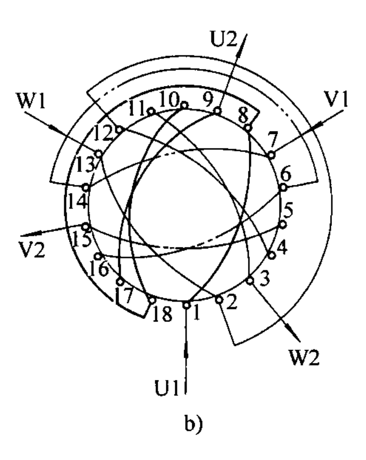
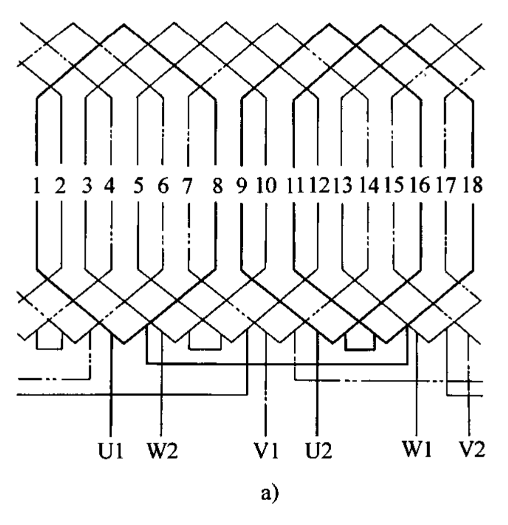


图 2-29　三相 18 槽二极单层交叉式绕组

$y=1/1\sim8$，$2/1\sim9$，$a=1$，$q=\frac{18}{3\times2}=3$

嵌线方法：嵌二槽，空二槽；再嵌一槽，空一槽；再嵌二槽，空二槽，以此类推



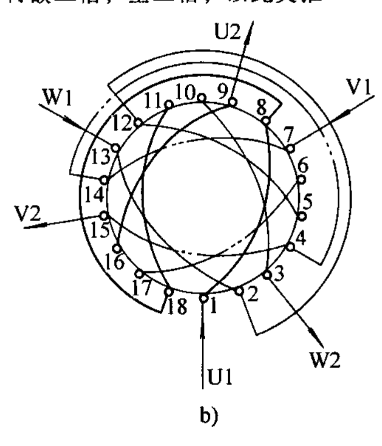
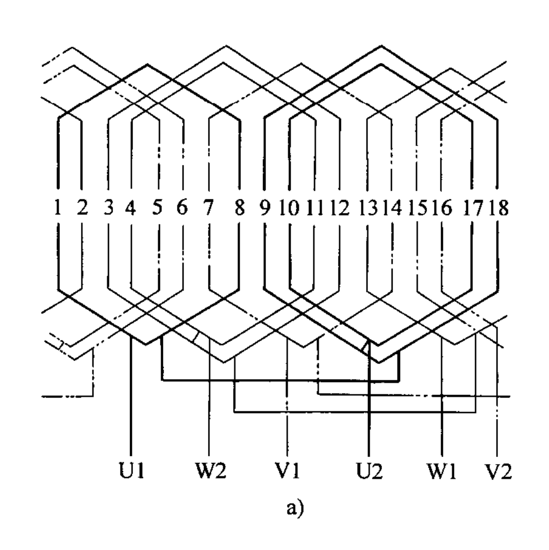


图 2-30　三相 18 槽二极单层链式短距绕组

$y=1\sim8$，$a=1$，$q=\frac{18}{3\times2}=3$

嵌线方法：每嵌好一槽，向后退，空一槽，再嵌一槽。以此类推。单、双圈交替进行



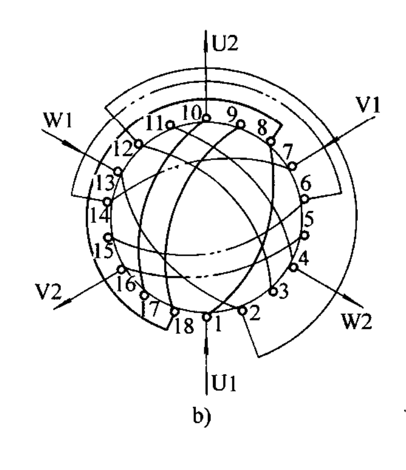
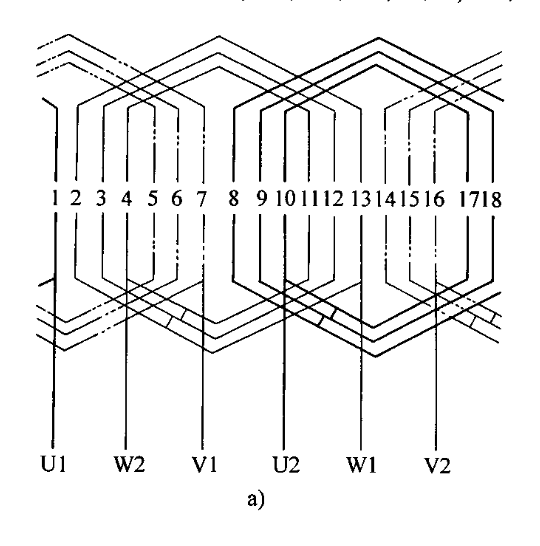


图 2-31 三相 18 槽二极单层同心交叉链式，同心式（三平面）绕组

$y=1\sim8$，$9\sim18$，$10\sim17$，$a=1$，$q=18/3\times2=3$

嵌线方法：

1. 同心交叉链式：嵌二槽，空一槽，再嵌一槽，再嵌二槽
2. 同心式（三平面）：嵌线槽次序：1、8、9、10、17、18；7、14、15、16、5、6；13、2、3、4、11、12



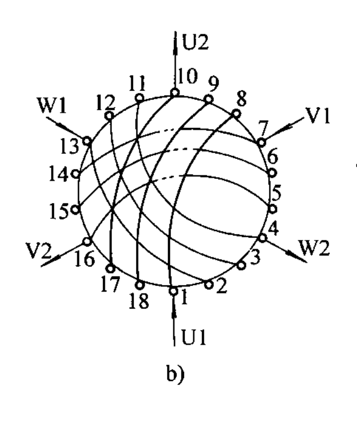


图 2-32 三相 18 槽二极单层同心链式、同心式（三平面）绕组

$y=1\sim12$，$2\sim11$，$3\sim10$，$a=1$，$q=18/3\times2=3$

嵌线方法：

1. 同心链式：依嵌三槽、空三槽顺序
2. 同心式（三平面）：分三组按相嵌

（五）绕组的接线与焊接

1. 绕组接线

小功率三相异步电动机的绕组嵌线后，应按绕组接线图把极相组之间的联线和电动机引出线联接并焊接好。绕组联接是电动机制造、修理中的一项关键工作，同样的绕组可以采用不同的联接方法。如同样 24 槽单层绕组可以制成 $2p$（见图 2-33）、$4p$（见图 2-34、图 2-35）、$8p$（见图 2-36）等多种形式。再如，同样的绕组联接方法又可以采用不同的方法来表达。彻底弄清各种绕组联接图之间的关系，电机修理人员就能得心应手地处理某些疑难杂症。下面对几种常用的接线图作一简单的介绍：

（1）绕组展开图（见图 2-29～2-37 中 a 图）这是最正规的绕组嵌线、接线图。利用它，修理人员可以十分顺利地完成绕组嵌线、接线工作。

例如：一台 18 槽的 $2p$ 电机为了采用不同的绕组型式（见表 2-5，图 2-29、图 2-31、图 2-32），就需

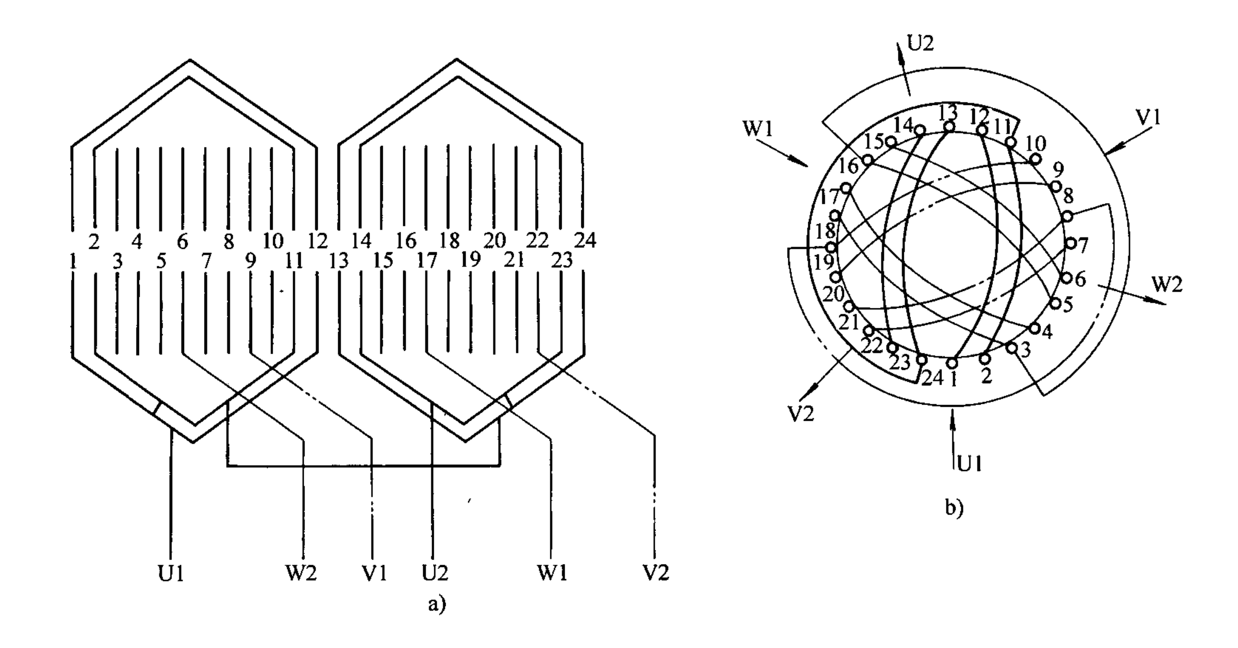


图 2-33　三相 24 槽二极同心式连架绕组

$y=1\sim12$，$2\sim11$，$a=1$，$q=24/3\times2=4$

嵌线方式：

1. 同心叠式：每嵌好二槽，向后退；空二槽，再嵌二槽，以此类推

2. 同心式（三平面）：嵌线槽次序 1、2、11、12、13、14、23、24；9、10、19、20、21、22、7、8；17、18、3、4、5、6、15、16

注意点：一极相组嵌好后，要把另一极相组翻身嵌

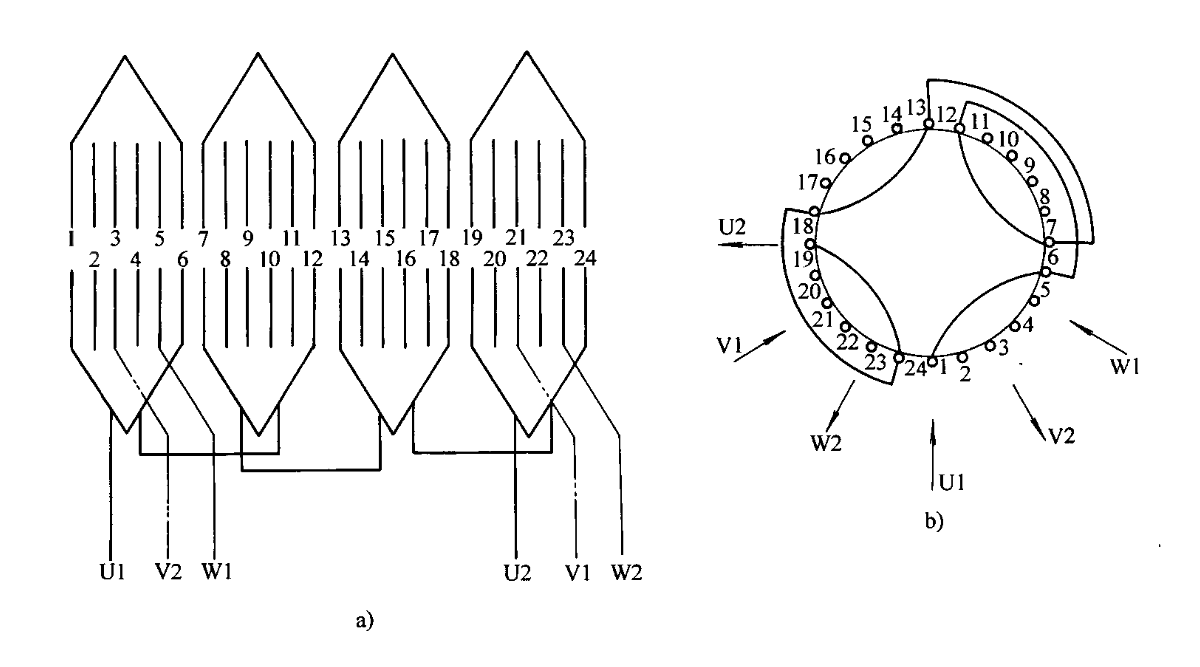


图 2-34　三相 24 槽四极单层链式短距绕组

$y=1\sim6$，$a=1$，$q=24/3\times4=2$

嵌线方法：每嵌好一槽，向后退；空一槽，再嵌一槽，以此类推

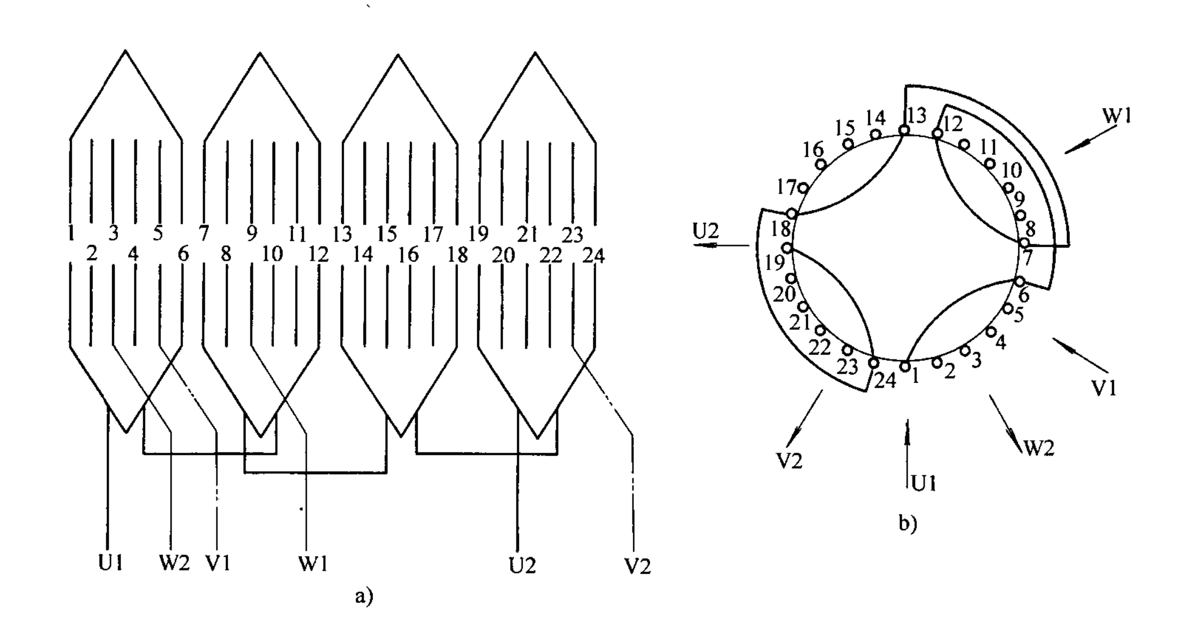


图 2-35　三相 24 槽二极单层链式短距绕组

$y=1\sim6$，$a=1$，$q=24/3\times4=2$

嵌线方法：同图 2-34

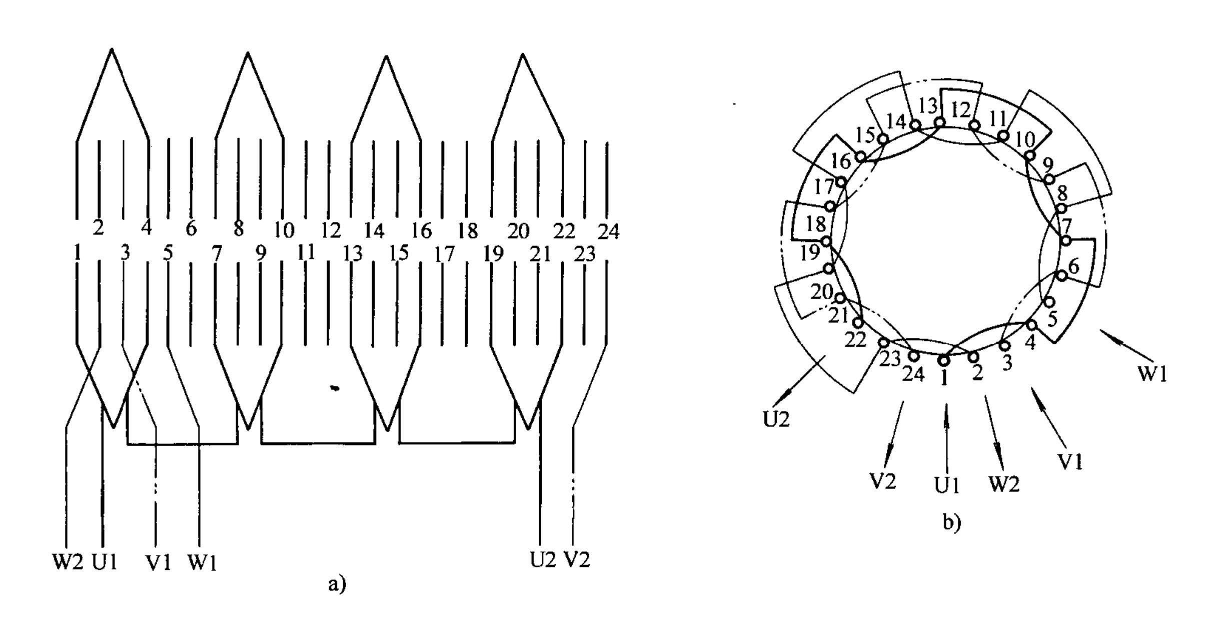


图 2-36　三相 24 槽八极 1 路单层链式、同心式（二平面）绕组

$y=1\sim4$，$a=1$，$q=24/3\times8=1$

嵌线方法：

1. 链式：每嵌好一槽，向后退；空一槽，再嵌一槽，以此类推

2. 同心式（二平面）：按 1、4、5、8、9、12、13、16、17、20、21、24；3、6、7、10、11、14、15、18、19、22、23、2 槽顺序

图 2-37　三相 27 槽六极单路双层绕组

$y=1\sim5$，$a=1$，$q=27/3\times6=1\frac{1}{2}$

嵌线方法：按双层绕组一般规律，单圈、双圈交替进行

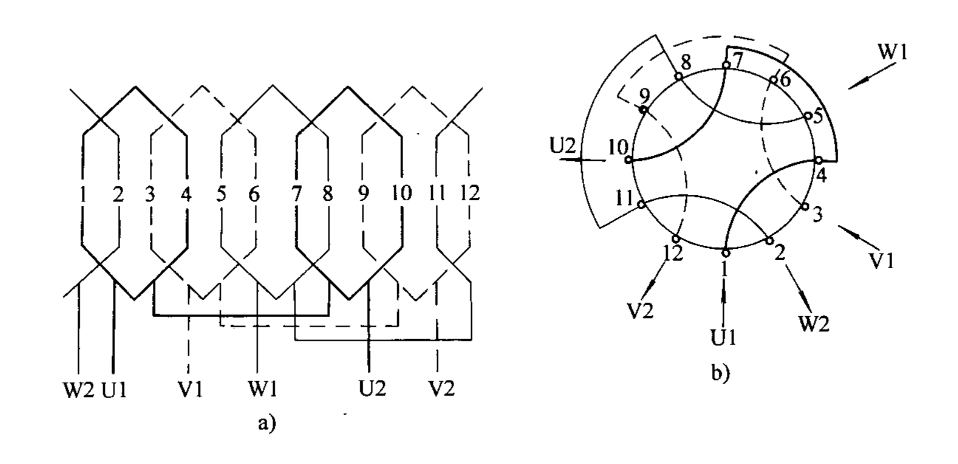


图 2-38　三相 12 槽四极单层链式、同心式全距绕组（隐极接法）

$y=1\sim4$，$a=1$，$q=12/3\times4=1$

嵌线方法：

1. 链式：每嵌好一槽，向后退；空一槽，再嵌一槽，以此类推

2. 同心式（二平面）：嵌线槽次序：1、4、5、8、9、12；

3、6、7、10、11、2

画出不同的绕组展开图。如果保持它们的端部总尺寸相等，则电动机的性能就完全一样。绕组图 2-33 ~ 图 2-35 都是 24 槽四极，它们的线圈形状完全一样，电动机性能亦完全一样，只是图 2-33 是连架绕组，嵌线的时候需将一组线反嵌；而按每极相组绕制时，嵌线时就不用反嵌，从而造成电动机引出线所处的位置不一致。这两种方法在展开图上的明显区别之处是在小线圈与大线圈之间的连接线上。位置在同一边的是按一极相组绕的，位置在二边的是按相连架绕，因反嵌而造成的。

在图 2-34 和图 2-35 可以看到这两台电动机的引出线位置不一样，而性能完全一样。电动机的一根引出线的位置确定以后，其他引出线的位置就必须遵循一定的规律。必须保证三相绕组全部一致，而且还必须保证各相绕组的相位相差为 120°电角度。如图 2-34 和图 2-35 中 U_1 都定在第一槽，但 V_1、W_1 的位置就不同了。24 槽 $2p$ 电动机为 360°电角度，每一槽间隔为 15°电角度，当 U_1 定在第一槽时，为保证 V 相滞后 U 相 120°电角度，则 V_1 必须在第 9 槽，而 W 相必须滞后 V 相 120°电角度，所以 W_1 必须落在第 17 槽，如图 2-33。这样也可以说 W 相超前于 U 相 120°电角度，当然 U_2、V_2、W_2 分别滞后于 U_1、V_1、W_1 180°电角度。

（2）接线圆图　这是一种简化的接线图。它的特点是清晰，简明，在实际操作时较为流行。但它有较大的局限性，表达不出绕组是用哪一种方法嵌线的，亦表达不出绕组是否是连架绕制的。对于图 2-29 ~ 图 2-32 这四种 18 槽 $2p$ 的嵌线方法，均使用同一种接线圆图，即图 2-39。

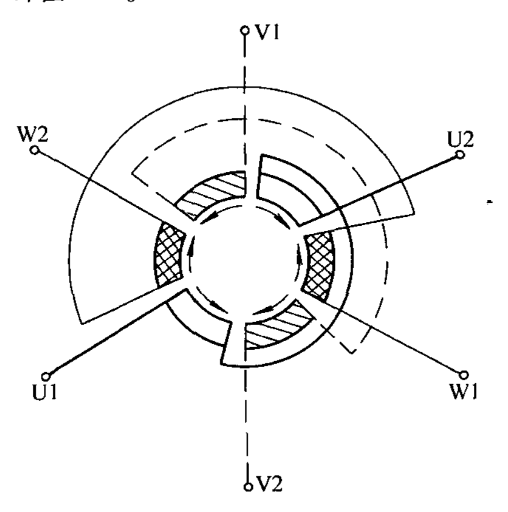


图 2-39　三相 2 极 1 路绕组端部接线图

这种圆图绘制方法如下：由 $2mp$（遮极式由 mp 决定）决定一个圆图应分成几块。显极式 2 极只需隔成 2 × 3 × 1 = 6 块，见图 2-39。而 8 极就需隔成 2 × 3 × 4 = 24 块，（见图 2-40）。遮极式只需隔成 3 × 4 = 12 块（见图 2-41）。每一块即代表一极相组，它可以由相等线圈数组成（如图 2-34），也可以由其数量不等的线圈数组成。确定它的头尾（每一块的同一位置表示一种性质），在接线圆图内圈画上箭头，对显极式电动机，圆图上的电动机箭头二二相对，即头对头、尾对尾、对遮极式电动机，电动机的箭头沿一个方向如图 2-41。

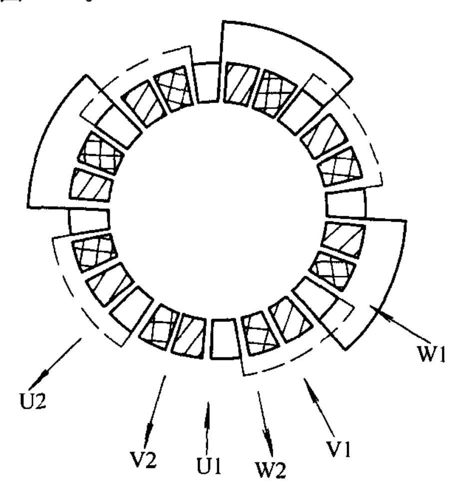


图 2-40　三相 8 极 1 路绕组端部接线图（仅画一相）

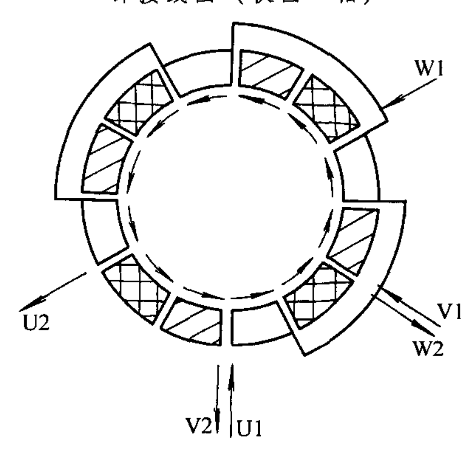


图 2-41　三相 8 极 1 路绕组端部庶极接线图（仅画一相）

圆图内的每一块按 U、V、W 间隔排列。然后，按每一相箭头的方向把整个圆图中属同一相的线圈连起来。

有时，为绘制方便，把圆图展开成直线图，如图 3-88、3-89 等所示。

（3）绕组布线接线图　图 2-29b 至图 2-38 的 b 图等绕组布线接线图综合了绕组展开图和接线圆图的部分特点，与接线圆图相比，它能形象地表达出大多数槽的连接情况，与绕组展开图相比，它又比较简明。

当槽数较多，绕组较复杂时，绕组布线接线图就无法清楚地表达出绕组情况。

从图 2-29 至图 2-38 可以看到，绕组展开图和绕组端部接线图完全能一一对应。

由于小功率三相异步电动机多是一路进火线（即每相只有一条支路），所以未曾将多路进火线的接线图和多速电机的接线图介绍给读者。读者可以根据上述原理，参照《三相交流电动机修理》部分内容举一反三，融会贯通。

2. 极相组之间的连接线和电动机引出线的焊接

按绕组接线图把极相组之间连线和引出线连接前。必须在要焊接的两根导线上，预先套上 $\phi1$ 醇酸玻璃漆管及一根 $\phi3$ 或 $\phi2$ 醇酸玻璃漆管，待焊好后，将一根较粗的套管覆盖住焊接点。

焊接时要注意：漆包线应先用双面刮刀刮净线头上的绝缘漆，线头连接应采用直接绞合，连接一般采用锡焊，常用的锡焊剂是松香酒精溶液，不能采用有腐蚀性的焊锡膏。

对于低压硬绕组的极相组连接及引出线连接可采用“并头套”锡焊，也可参照其他硬绕组的连接方法。

（六）端部包扎

在线圈端部整形和相间绝缘修剪整齐，以及极相组连接，引出线焊接好后，线圈端部必须包扎结实，以防止导线受电磁力振动而松落。先对非接线端绑扎，一般可用 16 号锦纶线或腊线每隔若干槽（视电动机大小）采用牛桩结扎牢。接线端按图接线后，可将引出线均匀而对称地分布在线圈端部圆周上，再依上法绑扎牢固。

（七）白坯试验

重绕嵌线的电动机绕组在未浸漆前应进行白坯试验，即直流电阻测定和耐压试验。

1. 直流电阻测定

要求三相绕组的直流电阻值相同，三相电阻不平衡度不得超过 ±1% ~2%。

2. 耐压试验

对 500V 以下的小功率三相异步电动机要求绕组相间和绕组对铁心间的试验电压为 1760V，1min 不击穿。

（八）定子绕组的绝缘处理（浸漆与烘焙）

小功率三相异步电动机重绕定子绕组必须经过绝缘处理，才能保证绕组的绝缘强度、耐热性、耐潮性、机械强度和耐腐蚀能力。绝缘处理的好坏，都直接影响到电动机的温升和使用寿命，目前常用的浸渍漆和表面漆参见表 2-36 和 2-37。修理时可依照铭牌标志要求的绝缘等级选用。

电动机绝缘处理工艺有沉浸、滚浸、浇漆、真空压力浸漆等多种形式。小功率三相异步电动机常用沉浸和浇漆工艺。对绝缘等级不同的电动机，可参照表 2-38 所列的工艺来处理。

表 2-36　常用的电动机绕组浸渍漆技术参数

漆种类牌号		名称	耐热等级	主要技术指标	特性	溶剂
有溶剂漆	1032 （A30-1）	三聚氰胺醇酸树脂漆	B	粘度：30 ~ 60s/20℃ 固体含量 50 ±4%	耐潮性、耐油性、内干性好，贮存稳定性好，机械强度好，适用于大中小型电动机绕组	甲苯、二甲苯
	1033 （3404）	环氧酯漆	B	粘度：30 ~ 60s/20℃ 固体含量：50 ±4%	耐潮性、内干性好，机械强度高，粘结力强，可浸渍湿热地区使用的电动机绕组	甲苯、二甲苯
	CJ1057	改性聚酯亚胺漆	H	粘度：60 ~ 80s/23℃ 固体含量：48 ±2%	防潮性好，固化温度低，时间短，可浸渍 F 和 H 级电动机绕组	217 溶剂
少溶剂漆	ET-88 （H30-9）	环氧少溶剂浸渍漆	B	粘度：30 ~ 60s/20℃ 固体含量：＞70 ±2%	耐油性好，机械强度高，防潮性好，电性能好，可一次浸渍中小型电动机绕组	甲苯、二甲苯
	J1040-1	环氧快固化漆	F	粘度：20 ~ 30s/20℃ 固体含量：65% ~70%	耐油性好，机械强度高，防潮性好，电性能好，可一次浸渍 F 级中小型电动机绕组	甲苯、二甲苯

（续）

漆种类牌号		名称	耐热等级	主要技术指标	特性	溶剂
无溶剂漆	EIU	环氧聚酯无溶剂漆	F	粘度：20～60s/20℃	粘度低，挥发物少，机械性能好，耐击穿强度高，贮存稳定好，耐潮性好，适于浸渍F级中小型电动机绕组	
	319-2	不饱和聚酯无溶剂漆	F	粘度：30～60s/25℃ 挥发不大于15%	粘度低，电性能好，贮存稳定性好，可浸渍小型F级电动机绕组	

注：粘度测试均采用4号福特杯。

表2-37　常用电动机绕组表面漆的性能、应用

漆种类牌号	名称	溶剂	性能及应用范围
1321 （C32-9）	晾干醇酸灰瓷漆	二甲苯	漆膜硬度高，耐电弧和耐油性好，适用于B级电动机
H31-54	灰环氧酯绝缘漆	二甲苯、丁醇	抗潮、防霉、耐化学气体、适用于B级电动机绕组表面覆盖
H31-57	铁红环氧聚酯酚醛烘漆	丙酮、丁醇、二甲苯	抗潮性、防霉性好、绝缘性能好，适用于B级电动机绕组表面覆盖
W32-51	粉红有机硅烘漆	二甲苯、丁醇	抗潮性好，耐高温，适用于H级电动机绕组表面覆盖
1350 （W32-53）	粉红有机硅烘漆	二甲苯、丁醇	漆膜耐热性能、电气性能比167好，硬度高，耐油，适用于H级电动机绕组和绝缘零部件表面修饰覆盖
167	晾干有机硅红瓷漆	二甲苯、丁醇	漆膜耐热性能，电气性能好，适用于H级电动机绕组和绝缘零部件表面修饰覆盖

表2-38　小功率三相异步电动机绕组浸漆工艺

序号	工序名称	绝缘等级	工艺过程	工艺温度	工艺时间	绝缘电阻/MΩ	备注
1	预烘		升温	室温→110℃	1h	≥15	
			保温	110±5℃	4h		
2	第一次浸漆			50～70℃	>15min		
3	滴漆				≥30min		
4	烘焙	E、B	升温	室温→110℃	1h	≥2	E、B级用ET-88环氧少溶剂快固化漆为例
			保温	110±5℃	1h		
			升温	110～130℃	0.5h		
			保温	130±5℃	5h		
		F、H	升温	室温→120℃	1h	≥2	F、H级用CJ1057改性聚酯亚胺漆为例
			保温	120±5℃	3h		
			升温	120→155℃	0.5h		
			保温	155±5℃	8h		

（续）

序号	工序名称	绝缘等级	工艺过程	工艺温度	工艺时间	绝缘电阻/MΩ	备注
5	第二次浸漆			50～70℃	10～15min		
6	滴漆				≥30min		
7	烘焙	B	升温	室温→110℃	1h	>1.5	出口电动机进行二次浸漆
			保温	110±5℃	1h		
			升温	110～130℃	0.5h		
			保温	130±5℃	5h		

注：1. 以上工艺也适用于中小型电动机；

2. 电动机浸漆工艺也可参阅《三相交流电动机修理》表1-20。

现对常用B级绝缘处理工艺介绍如下：

定子绕组绝缘处理有预烘、浸漆、烘焙三个工序。

1. 预烘

定子绕组浸漆前预烘是为了驱除线圈中的潮气，提高浸漆能力。预烘的温度一般控制在110±5℃，时间4h，每小时测量一次绝缘电阻，待绝缘电阻≥15MΩ达到稳定。

2. 浸漆

E级和B级绝缘定子绕组通常选用1032牌号三聚氰胺醇酸漆，稀释溶剂为甲苯或二甲苯，规定二次浸漆。经预烘的定子绕组温度下降到50～70℃时可开始浸漆。若温度过高，绕组表面因溶剂挥发，较快形成漆膜，绕组内部不易浸透；温度过低，漆的粘度太高，流动性和渗透性都较差，浸漆效果不好。对于漆的粘度要按温度调整好，可见表2-39。浸漆时间要大于15min。操作人员以漆中的定子绕组不冒气泡为止，然后把电动机从浸漆槽中取出，垂直放在滴漆架上，滴干余漆，滴干时间大于30min。

表2-39　浸漆的温度与粘度对照

温度/℃	粘度/s	温度/℃	粘度/s	温度/℃	粘度/s
6	80～56	16	45～36	26	33～28
8	72～49	18	42～34	28	31～26
10	64～45	20	38～32	30	29～25
12	56～42	22	36～31	32	28～24
14	49～39	24	34～29	34	26～23

注：各种粘度均以4号福特杯测算。

除了上面沉浸的浸漆方法，还可用浇漆的方法，此法比较适用于单台电动机浸渍处理。先把电动机放在滴漆架上，用漆先浇绕组的一端，经过20～30min滴漆后，再浇另一端，要浇得均匀，各处都要浇到，可重复几次。待余漆滴干后，用松节油将定子绕组外的其他部分（如铁心、止口等）的余漆擦去。

3. 烘焙

烘焙是为加速挥发漆中的所有溶剂和水分，使绕组表面形成坚硬的漆膜。烘焙过程分为两个阶段：第一阶段是低温烘焙，温度控制按绝缘漆等级和电动机绝缘等级，E级和B级为110±5℃，时间2～4h，这样可使绕组内部气体排出，溶剂挥发较慢，表面不会很快形成漆膜；第二阶段是高温烘焙，温度控制E级和B级绝缘为130±5℃，烘焙时间4～5h，要求绝缘电阻大于2MΩ。

第二次浸渍时间控制在3～5min，温度50～70℃，漆的粘度可稠一些，以填满空气隙。

第二次低温烘焙时间控制在2～3h，温度同前。

第二次高温烘焙时间控制在4～5h，温度同前，要求绝缘电阻大于1.5～2MΩ后出箱。

在烘焙过程中，要求每隔1h用兆欧表测一次绕组的绝缘电阻，在最后2h，其绝缘电阻应稳定在1.5～2MΩ。

定子绕组绝缘处理必须注意以下几点：

1）浸漆前应进行清洁处理，除去尘埃、油污等脏的粘附物，以免绝缘漆受沾污。

2）浸漆前应将机壳上所有螺钉堵上，以免使总

装发生困难。

3）浸漆前应检查漆的牌号与时效性等。

4）必须重视浸漆和烘焙过程中工艺参数的控制（如绝缘漆的粘度调整，温度控制范围及升降时间，浸渍的次数，绝缘电阻等）。

5）高温烘焙结束，电动机出箱，在热态时铲去定子铁心内圆等部位的残留漆。槽楔部分的残留漆应不高出铁心内圆。

6）定子绕组经绝缘处理后，必须保证绝缘漆浸渍部分漆膜干燥，无皱皮，无脱层和带锯齿现象，绕组端部无损伤，绑扎带无损坏，槽楔完整无缺。

7）在烘焙过程中，若中途温度下降或绝缘电阻未达到稳定，则应适当延长烘焙时间，等绝缘电阻达到要求后才能出箱。

（九）电动机装配

重绕电动机装配前要用压缩空气或“皮老虎”清除电动机各部件上的灰尘、杂物，装配工序按拆卸时的反顺序进行，并注意以下各点：

1）检查机壳上螺孔是否堵塞，必要时用螺丝锥重新加工一下。

2）将波纹垫圈放入后端盖或前端盖（视修理前的放置位置）。

3）将转子的轴承照原位分别压入前后端盖。

4）将带轴承的转子小心穿过定子部件，注意勿与部件相擦。

5）套上另一只端盖，拧上两边端盖处的螺栓。

6）装上风扇与风扇罩。

装配端盖时，应用木锤均匀敲击端盖四周，拧紧端盖螺栓时，也要四周均匀用力，上下左右对称逐步拧紧，不要先拧紧一个，再拧紧另一个，否则会导致端盖的耳环攀断裂和转子同心度不良等问题。装配时各零部件应按拆卸时所作的标记复位。

电动机装配完毕后，用手试转动转子观察是否转动灵活、匀稳，是否有偏重和停滞现象。引出线与接线盒连接要求正确可靠。

（十）修理后的试验

为了保证修理后的电动机能安全可靠地运行，电动机装配后必须进行常规检查试验。若电动机使用场合要求高，还应将电动机送到有条件的部门去做型式试验。

常规试验除参照《电动机修理手册》单行本《三相交流电动机修理》内容外，可简化以下基本项目作必要试验。

1. 机械检查

机械检查主要检查轴承、外观、安装尺寸、外形尺寸、径向跳动、键尺寸、底脚支承面的平行度和平面度、电动机振动等内容。对绕组重绕修理，可简化检查以下项目：

（1）检查装配质量，检查紧固螺栓是否拧紧，引出线标记是否正确，转子转动是否灵活，键槽有否损伤。

（2）测空载振动值不得超过本章表 2-21 规定，主要复查拆装后是否因意外原因使转轴或端盖止口发生变形。

2. 电气性能试验

（1）定子绕组冷态直流电阻测定　检查绕组匝数、线径和接线是否正确，焊接是否良好，测量工具采用单臂电桥。三相电阻中的最大值或最小值与三相电阻平均值之差不得超过平均值的 2%。

（2）绕组对机壳和各相绕组之间的绝缘电阻值的测定　主要判别绕组是否受潮或损伤，具体方法及工具参阅《电动机修理手册》单行本《三相交流电动机修理》。

（3）短时升高电压试验　检验绕组匝间绝缘是否损伤击穿。电动机空载升压的试验电压为 130% 额定电压，时间为 3min。具体方法参阅《电动机修理手册》单行本《三相交流电动机修理》。

（4）空载电流和空载损耗测量　经重绕修理后的小功率三相异步电动机，须进行空载试验，测量空载电流和空载损耗，从而确定出铁耗和机械耗，并可检查出气隙、绕组参数和铁心质量是否正常及三相空载电流的平衡度。空载试验线路参见《电动机修理手册》单行本《三相交流电动机修理》。在额定电压下，电动机空载运转 5～30min，电动机三相电流中任一相空载电流与三相电流平均值偏差不得大于平均值的 10%。小功率三相异步电动机的空载电流占额定电流的比例参考表 2-40 所示。空载损耗占额定功率也是比较高的，约 10%～30%。若重绕电动机的空载电流和空载损耗都增大，而绕组直流电阻正常，则多半是铁心质量不好或定转子铁心未对齐；绕组直

表 2-40　小功率三相异步电动机空载电流占额定电流的百分比参考值（%）

极数	电动机容量/W		
	125 以下	>125～500	>500～2000
2	65～90	45～70	35～55
4	70～90	60～80	40～60
6	80～95	65～85	45～65
8	85～95	70～85	50～65

流电阻低则表明匝数少或选用的导线粗；若空载电流大，属定、转子间气隙大或磁路饱和；空载损耗大说明铁耗和风摩耗偏大；若空载损耗大而且空载电流不平衡，则表明绕组各并联支路的匝数不等，或有少数线圈匝间短路。

在空载试验中，还应注意电动机是否有杂声、振动或轴承、铁心发热等情况。

（5）堵转电流和损耗测量　堵转试验的目的在于测量堵转电流和损耗，由此可检查电动机绕组质量和铸铝转子的质量。试验线路可参见《电动机修理手册》单行本《三相交流电动机修理》空载试验线路。

堵转试验时，要把电动机的轴卡住，使转子不动，测量电压、电流和损耗。小功率三相异步电动机在做堵转试验时，可按《电动机修理手册》单行本《三相交流电动机修理》所列的电压值相近测定堵转电流和损耗。若重绕修理后的小功率三相异步电动机堵转电流偏大，一般是因为定子绕组匝数少，线圈节距短或任意减小绕组端部尺寸，以及气隙过大，或定、转子未对齐等原因造成的。

（6）噪声试验　小功率三相异步电动机在空载时测得的A计权声功率级数值应不超过表2-23规定。测量方法可参阅《电动机修理手册》单行本《三相交流电动机修理》的电动机噪声测定方法。

附　　录

附表 2-1　JW 系列小功率三相异步电动机铁心和绕组数据(一)

电机型号	额定功率 /W	额定电压 /V	定子铁心 /mm 内径	定子铁心 /mm 叠厚	定子槽数	定子绕组 绕组型式	定子绕组 接法	定子绕组 线圈节距	定子绕组 线圈匝数	定子绕组 线径 /mm
JW-06A-2	60	220/380	42	45	18	单链	△/Y	1～8	400	0.23
JW-07B-2	90		48	36					364	0.27
JW-07A-2	120			45					300	0.31
JW-08B-2	180		52	46					262	0.41
JW-08A-2	250			60					208	0.47
JW-09B-2	400		60	48	24	单层同心		1～12,2～11	135	0.51
JW-09A-2	600			56					104	0.59
JW-081-2	180	220/380	52	40	24	单层同心		1～12,2～11	175	0.33
JW-082-2	250			50					140	0.38
JW-091-2	400		65	44					136	0.55
JW-092-2	600			52					112	0.62
JW-11-2	800			70					86	0.69
JW-07B-4	60	220/380	48	36	18	双叠		1～7	282	0.27
JW-07A-4	90			45					124	0.31
JW-08B-4	120		60	46	24	单链		1～6	286	0.33
JW-08A-4	180			58					214	0.38
JW-09B-4	250		71	48					200	0.41
JW-09A-4	400			62					147	0.51
JW-081-4	120	220/380	60	45	24	单链		1～6	288	0.35
JW-082-4	180			58					218	0.41
JW-091-4	250		70	48					200	0.44
JW-092-4	400			62					155	0.53
JW-11-4	600			80					120	0.59
JW-12-4	800			100					94	0.67
JW-082-6	120	220/380	60	58	24	双叠		1～5	150	0.35
JW-11-6	400		70	80					80	0.55

附表 2-2　JW 系列小功率三相异步电动机铁心和绕组数据(二)

型号	额定功率 /W	额定电压 /V	额定电流 /A	空载电流 /A	极数	额定转速 /(r/min)	定子外径 /mm	定子内径 /mm	铁心叠厚 /mm	气隙长度 /mm	槽数 定子/转子	定子铜线净重 /kg	定子线径 /mm	每槽线数	线圈节距
JW-05A-4	15	380	0.144 0.141	0.141 0.137	4	1300	71	36	42	0.25	16/10	0.27	0.17	800	1～5 2～6
JW-05B-4	8		0.095 0.091	0.095 0.091					30			0.30	0.14	1140	1～5 2～6
JW-05A-2	25		0.099 0.103	0.093 0.096	2	2700	71	36	42			0.328	0.19	540	1～8 2～9
JW-05B-2	15		0.083 0.089	0.076 0.084					30			0.334	0.17	700	1～8 2～9

（续）

型号	额定功率/W	额定电压/V	额定电流/A	空载电流/A	极数	额定转速/(r/min)	定子外径/mm	定子内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙长度/mm	槽数 定子/转子	定子铜线净重/kg	定子线径/mm	每槽线数	线圈节距
JW-06A-2	60	380	0.214 0.203	0.156 0.15	2	2750	84	42	45	0.25	16/10	0.42	0.23	400	1~8 2~9
JW-06B-2	40		0.159 0.158	0.126 0.123					35			0.38	0.20	500	1~8 2~9
JW-07A-2	120	220/380	0.307 0.31	0.164 0.165	2	2800	94	48	45	0.28	18/15	0.62	0.31	300	1~10 2~9
JW-07B-2	90		0.235 0.249	0.131 0.136					36			0.54	0.27	364	1~10 2~9
JW-07A-4			0.339 0.344	0.237 0.238	4	1340	94	48	45	0.23		0.732	0.31	468	1~7 2~6
JW-07B-4	60		0.237 0.234	0.175 0.174					36			0.64	0.27	584	1~5 2~6
JW-08A-2	250		0.61 0.608	0.297 0.295	2	2800	102	52	60	0.25	24/18	1.08	0.41	135	1~12 2~11
JW-08B-2	180		0.46 0.46	0.252 0.255					46			0.953	0.35	175	1~12 2~11
JW-08A-4			0.535 0.538	0.34 0.337	4	1380	102	58	60		24/22	0.78	0.38	214	1~8 2~7
JW-08B-4	120		0.375 0.38	0.267 0.275					46			0.708	0.33	286	1~8 2~7
JW-09A-2	600		1.33 1.357	0.583 0.57	2	2850	120	60	56		24/18	1.262	0.59	104	1~12 2~11
JW-09B-2	400		0.96 0.97	0.38 0.37					48			1.175	0.51	135	1~12 2~11
JW-09A-4			1.04 1.05	0.62 0.63	4	1400	120	71	62	0.30	24/22	1.076	0.51	147	1~8 2~7
JW-09B-4	250		0.73 0.731	0.487 0.481		1380			48			0.862	0.41	200	1~8 2~7

附表 2-3　JW 新系列小功率三相异步电动机铁心和绕组数据

型号	额定功率/W	额定电压/V	额定电流/A	极数	定子外径/mm	定子内径/mm	铁心叠厚/mm	转子外径/mm	气隙长度/mm	槽数 定子/转子	每相串联导线数（根）	定子线径/mm	线圈节距
JW-4514	15	380	0.2	4	71	38	45	37.6	0.2	12/15	3360	0.16	1~4 2~5
JW-4524	25		0.2								3280	0.18	1~4 2~5
JW-4512	25		0.15	2							2680	0.17	1~6 2~7
JW-4522	40		0.2								2480	0.18	
JW-5014	40		0.25	4	80	42	50	41.6			2600	0.21	1~4 2~5
JW-5024	60		0.3								2400	0.25	
JW-5012	60		0.25	2							1840	0.21	1~6 2~7
JW-5022	90		0.3								1840	0.25	

（续）

型号	额定功率/W	额定电压/V	额定电流/A	极数	定子外径/mm	定子内径/mm	铁心叠厚/mm	转子外径/mm	气隙长度/mm	槽数 定子/转子	每相串联导线数（根）	定子线径/mm	线圈节距
JW-5614	90	380	0.4	4	90	52	40	51.6	0.2	24/22	2640	0.27	1~8 2~7
JW-5624	120		0.6				48				2272	0.31	1~12 2~11
JW-5612	120		0.4.	2		48	40	47.5	0.25	24/18	1880	0.29	
JW-5622	180		0.5				48				1568	0.33	1~8 2~7
JW-6314	180		0.7	4	102	58	48	57.6	0.2	24/22	2080	0.38	
JW-6324	250		1.0				56				1696	0.44	1~8 2~7
JW-6312	250		0.8	2		52	48	51.5	0.25	24/18	1320	0.41	1~12 2~11
JW-6322	370		1.0				56				1160	0.47	
JW-7114	370		1.2	4	120	71	48	70.6	0.2	24/22	1392	0.49	1~8 2~7
JW-7124	550		1.6				62				1056	0.57	
JW-7134	750		2.2				80				848	0.67	
JW-7112	550		1.3	2		62	48	61.5	0.25	24/18	960	0.53	1~12 2~11
JW-7122	750		1.6				62				736	0.62	

附表 2-4　A、1A 系列小功率三相异步电动机铁心和绕组数据

型号	额定功率/W	额定电压/V	效率（%）	功率因数	额定转速/（r/min）	电流/A	定子铁心/mm			槽数	定子绕组			
							外径	内径	叠厚/连端板	定子/转子	绕组型式	线圈节距	线径/mm	线圈匝数
A5012A	25	380	54	0.62	2800	0.12	80	46	30/32	24/18	单链	1~11	0.16	380
A5012B	40		57	0.65		0.17			30/32				0.21	350
A5022	60		60	0.68		0.23			40/42				0.23	285
A5032	90		63	0.71		0.31			50/52				0.27	215
A5014A	15		32	0.49	1400	0.15			30/32			1~6	0.14	540
A5014B	25		40	0.52		0.19			30/32				0.17	500
A5024	40		46	0.52		0.25			40/42				0.20	390
A5034	60		52	0.58		0.31			50/52				0.23	305
1A05612	120		66	0.74	2820	0.37	90		40			1~11	0.29	212
1A05622	180		69	0.76	2810	0.52			50				0.33	170
1A05632	250		71	0.78	2800	0.68			62				0.41	140
1A05614	90		57	0.61	1420	0.39		52.5	40			1~6	0.25	303
1A05624	120		62	0.63	1410	0.46			50				0.29	253
1A05634	180		65	0.67	1400	0.62			62				0.33	203

附表 2-5 AO2 系列小功率三相异步电动机铁心和绕组数据

型号	额定功率/W	定子铁心 外径/mm	定子铁心 内径/mm	定子铁心 叠厚/mm	气隙/mm	槽数 字子	槽数 转子	定子绕组 线规/mm	定子绕组 每槽匝数	定子绕组 每相串联导线数	定子绕组 线圈节距
A02-4512	16	71	38	45	0.2	12	18	1-0.15	710	2840	1~6
A02-4522	25							1-0.17	610	2440	
A02-5012	40	80	44	45				1-0.21	480	1920	
A02-5022	60							1-0.23	435	1740	
A02-5612	90	90	48	50	0.25	24		1-0.28	185	1480	1~12 2~11
A02-5622	120							1-0.31	180	1440	
A02-6312	180	96	50	45				1-0.35	165	1320	
A02-6322	250							1-0.38	140	1120	
A02-7112	370	110		50				1-0.45	116	928	
A02-7122	550			62				1-0.50	93	744	
A02-8012	750	128	67	58				1-0.6	84	672	
A02-4514	10	71	38	45	0.2	12		1-0.14	1100	4400	1~4
A02-4524	16							1-0.16	950	3800	
A02-5014	25	80	44					1-0.18	800	3200	
A02-5024	40							1-0.21	670	2680	
A02-5614	60	90	54	50	0.25	24		1-0.25	310	2480	1~8 2~7
A02-5624	90							1-0.28	275	2200	
A02-6314	120	96	58	45	0.25		30	1-0.31	270	2160	
A02-6324	180			54				1-0.35	220	1760	
A02-7114	250	110	67	50				1-0.4	188	1504	
A02-7124	370			62				1-0.45	150	1200	
A02-8014	550	128	77	58				1-0.56	134	1072	
A02-8024	750			75				1-0.63	105	840	

附表 2-6 Y 系列小功率三相异步电动机铁心和绕组(统一设计)数据

型号	额定功率/W	定子 外径/mm	定子 内径/mm	定子 铁心叠厚/mm	定子 气隙长度/mm	定子 每槽导线数	定子 并联支路数	定子 绕组型式	定子 线规 根数	定子 线规 线径/mm	槽数 定子/转子	线圈节距	线重/(kg/台)
Y801-2	750	120	67	65	0.30	111	1	单层交叉式	1	0.63	18/16	2(1~9) 1(1~8)	1.30
Y802-2	1100			80		90				0.71			1.45
Y801-4	550		75	65	0.25	128		单层链式		0.59	24/22	1~6	1.15
Y802-4	750			80		103				0.63			1.30
Y90S-4	1100	130	80	90		81				0.71			1.40
Y90S-6	750		86	100		77				0.67	36/33		1.7
Y90L-6	1100			120		63				0.75			1.9

附表 2-7　JDO2、JDO3 系列变极多速小功率三相异步电动机铁心和绕组数据

型号	极数	额定功率 /W	额定电流 /A	接法	定子铁心/mm 外径	定子铁心/mm 内径	定子铁心/mm 叠厚	槽数 定子/转子	线圈节距	每槽导线数	定子线径 /mm	气隙长度 /mm	效率 (%)
JD02-21-4/2	4	450	1.32	△/Y	145	90	70	36/27	1～10	162	0.41	0.25	69
	2	600	1.5										77
JD02-22-4/2	4	750	2.02				100			120	0.49		73
	2	1000	2.38										75
JD02-21-8/4	8	300	1.72			94	90	36/26	1～6	190	0.41		73
	4	750	1.95										72
JD02-22-8/4	8	450	2.04				110			156	0.49		63
	4	750	1.8										76
JD02-32-8/4	8	700	2.6		167	104	140	36/34		136	0.62		65
	4	1200	2.66										78
JD02-32-8/4	8	1000	3.4							120	0.64		66
	4	1500	3.6										78
JD03-801-4/2	4	500	1.45		130	80	75	24/22	1～8	250	0.44		68
	2	700	1.82										68
JD03-802-4/2	4	700	1.9				100			190	0.53		73
	2	1000	2.46										72
JD03-90S-4/2	4	1100	2.82		145	90				158	0.59		75
	2	1500	3.58										74
JD03-90S-8/4	8	550	2.39			94	105	36/33	1～6	160	0.53		61.5
	4	1100	2.77										71
JD03-100S-8/4	8	750	2.82		167	114	95			148	0.59		66
	4	1500	3.48										74.5
JD03-100L-8/4	8	1100	3.48				130			108	0.69		69
	4	2200	4.88										77
JD03-100S-6/4/2	6	700	2.64		167	104	85	36/32	1～7	128	0.47	0.3	66
	4	1000	3.10										70
	2	1300	3.00	Y					1～8 2～17 3～16	43	0.74		73.5
JD03-100L-6/4/2	6	1000	3.61	△/2Y			115		1～7	96	0.57		69
	4	1300	3.86										73
	2	2000	4.52	Y					1～18 2～17 3～16	32	0.83		75.5
JD03-100S-8/4/2	8	400	2.05	2Y			85		1～7 1～13	240	0.47		55
	4	1100	2.61	2△									79
	2	1500	3.34										76
JD03-100L-8/4/2	8	600	2.76	2Y			115		1～7 1～13	184	0.53		58
	4	1500	3.56	2△									80
	2	2200	5.0										77
JD03-112S-8/4/2	8	800	3.76	2Y	188	118	110			150	0.64		61
	4	2200	4.8	2△									83
	2	3000	6.5										78

附表 2-8　YD 系列变极多速小功率三相异步电动机性能和铁心、绕组数据

型号	极数	额定功率/W	接法	满载时				定子铁心/mm			槽数	绕组型式	线圈节距	每槽导线数	定子线径/mm	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
				转速/(r/min)	电流/A	效率(%)	功率因数	外径	内径	叠厚	定子/转子							
YD90L-8/4	8	450	△	700	1.9	58	0.63	130	86	120	36/33	双层叠式	1~6	172	0.42	5.5	1.6	
	4	750	2Y	1420	1.8	72	0.87									6.5	1.4	
YD100L-8/4	8	850	△	700	3.1	67	0.63	155	106	135				114	0.56	5.5	1.6	
	4	1500	2Y	1410	3.5	74	0.88									6.5	1.4	
YD90S-6/4	6	650	△	920	2.2	64	0.68	130	86	100			1~7/1~8	152/146	0.45	6		
	4	850	2Y	1420	2.3	70	0.79								0.45	6.5		
YD90L-6/4	6	850	△	980	2.8	66	0.70	130	86	120				126/116	0.50/	6		
	4	1100	2Y	1400	3.0	71	0.79								0.53	6.5		
YD90S-8/6	8	350	△	700	1.6	56	0.60	130	86	100			1~6	208	0.40	5	1.8	
	6	450	2Y	930	1.4	70	0.72									6	2	
YD90L-8/6	8	450	△	700	1.9	59	0.60	130	86	120				170	0.45	5	1.7	
	6	650	2Y	920	1.9	71	0.73									6	1.8	
YD100L-8/6	8	750	△	710	2.9	65	0.60	155	106	135				116	0.53	5	1.8	
	6	1100	2Y	950	3.1	75	0.73									6	1.9	
YD801-4/2	4	450	△	1420	1.4	66	0.74	120	75	65	24/22		1~8 或 1~7	260	0.38	6.5	1.5	
	2	550	2Y	2860	1.5	65	0.85									7	1.7	
YD802-4/2	4	550	△	1420	1.7	68	0.74	120	75	80				210	0.42	6.5	1.6	
	2	750	2Y	2860	2.0	66	0.85									7	1.8	
YD90S-4/2	4	850	△	1430	2.3	74	0.77	130	80	90			1~7	166	0.47	6.5	1.8	
	2	1100	2Y	2850	2.8	72	0.85									7	1.9	

附表 2-9　电泵用小功率三相异步电动机铁心和绕组数据

型号	额定功率/W	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r/min)	定子铁心/mm				定子绕组				
					外径	内径	叠厚	槽数	绕组型式	接法	线圈节距	线圈匝数	线径/mm
AOB-25	60	380	0.2	2790	70	42	40	18	单层链式	1-Y	1~8	334	0.23
DBC-25	90		0.26		65		50	12			1~6	405	0.25
JCLO12-2	100	380/220	0.32/0.56		95	50	55	18		1-Y/△	1~8	254	0.25
JCB-22	125		0.43/0.75		102	55	55		单层同心式		1~8	264	0.27
JCB-22			0.35/0.6			53	53				9~18	233	
JCB-22			0.48/0.75			52	55				10~17	256	
JCB-22		380	0.43	2860	108	60	47	24	单层链式	1-Y	1~11	200	0.31
JCB45	150	380/220	0.463/0.8	2700			55			1-Y/△		208	0.35
2JCB-22	125		0.32/0.55	2790	80	51	55	18	单层同心式		1~8	274	0.27
2JCB45	150		0.36/0.63								9~18	253	0.29
JYB-22	125		0.48/0.75		102	53	42					232	0.31
JYB45	150		0.48/0.83		108	52	55				10~17	246	
JYB-22	125		0.43/0.75		105	54			单层链式		1~8	256	
JWYB22-3.3			0.39/0.68		84	45	50		单层同心式		1~8	240	0.27
JWYB45-3.3	150		0.43/0.75								9~18	220	0.31
DB-100	250	380	0.68	2800	85	48	63				10~17	160	0.38
JCL22-4		380/220	0.74/1.28	1410	112	72	64	24	单层链式		1~6	194	0.44

附表 2-10　QX 型污水电泵小功率三相异步电动机铁心和绕组数据

型号	额定功率/W	极数	定子铁心/mm				定子绕组								
			外径	内径	叠厚	槽数	线规/mm	每槽导体数	每圈匝数	并联路数	绕组型式	线圈节距	A	B	D
QX6-15J	750	2	125	65	60	24	1-0.6	86	86	1	同心式	1~2	85	155	(48)
												2~11	70	38	(36)
QX10-10J	750	2	125	65	60	24	1-0.6	86	86	1	同心式	1~12	85	155	(48)
												2~11	70	38	(36)

附表 2-11　部分电动工具用小功率三相异步电动机铁心和绕组数据

工具名称	工具型号	输出功率/W	电源频率/Hz	额定电压/V	额定电流/A	定子									转子		轴承规格	
						外径/mm	槽数	极数	线径/mm	每槽导体数	每圈匝数	线圈节距	绕组型式	接法	外径/mm	槽数	前轴承	后轴承
电钻	J3Z-32	1100	50	380	2.4	120	18	2	0.72	95	95	1～9	同心式	Y	64.4	16	60208	202
电动磨管机	S3M-38,57,76	270			0.86	88			0.38	176	176	1～10,2～9, 11～18	交叉同心式		44		60103	含油轴承 16×16
电动胀管机	P3Z-13,19,25 P3Z-38 P3Z-51,76	270 600 100			1.9 2.6	102			0.44	216 156	216 156	1～10,2～9, 11～18			44 53.4		60202 60204	60200 60201
软轴振动器	ZX35,50 ZXc-50	1100 1100			2.52 2.5	130 120	24		0.77	82	82	1～12,2～11	同心式		71.4 67	22	204 205	204 204
手提砂轮机	S3S-100 S3S-125,150 S3S2-150	180 250 500			0.5 0.68 1.28	88 98	18		0.35 0.38 0.47	235 190 138	235 190 138	2(1～9),1～8 1～9,1～8	交叉同心式 单层链式		45.45 52.8	12	202 60203	203 60202
软轴砂轮机	S3SR-100 S3SR-150	500 1000			1.3 2.23	102 130	24		0.57 0.67	130 74	130 74	2(1～9),1～8 1～12,2～11	同心式		51.4 69.4	18	202 205	202 205
平板振动器	B11	1100			2.34	120	18		0.67	96	96	1～9,2～8,3～7	单双层混合式		67	16	204	204
中频角向磨光机	S2MJ-100	310	300	42	7.2	48	18		0.55×2	8	8	1～9	单层链式		26	16		

附表 2-12 J3Z 系列小功率三相交流电钻绕组数据

型号	最大钻孔直径/mm	电压/V	功率/W	钻头转速/(r/min)	工作方式	定子绕组				
						绕组型式	接法	线圈节距	线圈匝数	线规/mm
J3Z-13	13	380	270	530	连续	单层同心式	1-Y	1~10,2~9 11~18	176	0.88
J3Z-19	19		400	290	60%				144	0.44
J3Z-23	23		500	225					120	0.49
J3Z-32	32		900	190					28	2~0.49
J3Z-38	38		1100	145		双层叠绕式		1~8	26	2~0.49
J3Z-49	49		1400	120					26	3~0.49

附表 2-13 部分小功率三相砂轮机电动机铁心和绕组数据

电动机型号及名称	额定功率/W	额定电压/V	额定电流/A	转速/(r/min)	定子铁心尺寸/mm			定子槽数	绕组型式	接法	线圈节距	线圈匝数	线径/mm
					外径	内径	叠厚						
JOSF200 台砂轮	500	220/380	2.25/1.3	2860	123	67	46	18	单层交叉式	1-△/Y	2/1~9 1/1~8	160	0.51
JSOT220 台砂轮	520		1.9/1.1	2820	142	80	70	24	单层同心式		1~12 2~11	115	0.51
JOSF220 台砂轮	520	380			145	80	70			1-Y	1~12 2~11	80	0.65
3TC-150 台砂轮	250	220/380	1.14/0.65	2800	102	51	62	18	单层交叉式	1-△/Y	2/1~9 1/1~8	200	0.41
S3S-100 手砂轮	180	380	0.5	2750						1-Y	2/1~9 1/1~8	235	0.35
S3S-150 手砂轮	250		0.68	2750							2/1~9 1/1~8	190	0.38
S3S1-150 手砂轮	500		1.28	2800	98	53.4	65				2/1~9 1/1~8	138	0.47
TSS-150 手砂轮	500		1.32	2700	102	53	68				2/1~9 1/1~8	130	0.44

附表 2-14 直联插入式混凝土振动器三相中频异步电动机定子绕组数据

型号	振动棒直径/mm	电源电压/V	工作电压/V	工作频率/Hz	输出功率/W	振动频率(次/min)	振幅/mm	电动机定子						
								槽数	线径/(根-mm)	每槽导线数	线圈匝数	线圈节距	绕组型式	接法
Z2D-50	56	380	42	200	600	11000	1	18	4-0.53	8	8	2(1~9),1(1~8)	单层交叉式	△
Z2D-80	80				800	11400	0.8		11-0.44	12	12	1~10	单层链式	

附表 2-15 部分排气扇小功率三相异步电动机铁心和绕组数据(一)

电动机型号及名称	额定功率/W	额定电压/V	额定电流 A	转速/(r/min)	定子铁心/mm			定子槽数	绕组型式	接法	线圈节距	线圈匝数	线径/mm
					外径	内径	叠厚						
OJF-400 风扇电动机	180	380	0.63	1380	90	56	65	24	单层链式	1-Y	1~6	206	0.31
JF-400 风扇电动机	250	380	0.77	1410	118	75	64					170	0.35
FA1-8600 排气扇	370	220/380	1.9/1.12	1380	130	80	45			1-△/Y		175	0.44
JOF31-4600 轴流排气扇	600	220/380	2.86/1.65	1420	145	90	60					125	0.58

附表 2-16 部分排气扇小功率三相异步电动机铁心和绕组数据(二)

型号	极数	定子铁心尺寸/mm	定子槽数	每相绕组		
				线圈节距	线径/mm	匝数
400FA3-6	4	φ58×46	12	1～4	0.295	580
400FTA8-6	4	φ58×40	12	1～4	0.27	625
500FTA4-7	6	φ72×40	18	1～4	0.29	450
600JA12-4	4	φ80×55	24	1～6	0.47	140
600FTA	4	φ72×59	24	1～6	0.44	150

附表 2-17 YH、JHO2 高转差率小功率三相异步电动机性能、铁心数据

型号	额定功率/W	接法	转差率(%)	负载持续率(%)	转速/(r/min)	额定电流/A	效率(%)	功率因数	定子铁心/mm		
									外径	内径	叠厚
JHO2-11-2	800	Y	10	60	2700	2.0	71	0.86	120	67	65
JHO2-12-2	1100					2.6	73	0.87			85
YH801-2	750		11		2670	1.87	71	0.86			65
YH802-2	1100					2.63		0.87			80
JHO2-21-4	1100					3.0	70	0.80	145	90	85

型号	槽数定子/转子	起动电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	在各种负载持续率下的输出功率/W					转动惯量/(kg·m²)
					15%	25%	40%	60%	100%	
JHO2-11-2	24/20	5.5	2.5	2.5	1000	900	850	800	700	0.00102
JHO2-12-2					1400	1300	1200	1100	900	0.00108
YH801-2	18/16		2.7	2.7	1000	900	800	750	650	0.00075
YH802-2					1500	1300	1200	1100	1000	0.00080
JHO2-21-4	24/22		2.5	2.5	1400	1300	1200	1100	900	0.0044

附表 2-18 JG2 型辊道用小功率三相异步电动机性能、铁心和绕组数据

型号	额定功率/W	额定电流/A	起动电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	定子铁心			槽数定子/转子	绕组型式
							外径/mm	内径/mm	叠厚/mm		
JG2-41-6	1100	3.47	13.5	830	68	0.71	182	122	115	36/26	单层链式

型号	并联路数	线圈节距	每槽导线数	线规/mm	在各种负载持续率下的动态常数/(kg·m²/h)				堵转转矩/N·m	转动惯量/kg·m²
					15%	25%	40%	60%		
JG2-41-6	1	1～6	54	1-1.0	330	325	318	305	42	0.0175

附表 2-19 德国 ABM 公司 D 系列小功率三相异步电动机性能数据

型号	额定功率/kW	转速/(r/min)	380V 时电流/A	效率(%)	功率因数(cosφ)	起动电流倍数	起动转矩倍数	最大转矩倍数	转动惯量/kg·m²	轴承牌号
D63a-2	0.18	2770	0.5	68	0.80	4.0	2.2	2.2	0.000150	6202 2Z-C3-HTE
DB63a-2	0.25	2720	0.7	66	0.82	3.9	2.0	1.9	0.000150	
D71a-2	0.37	2800	1.0	70	0.80	4.6	2.3	2.2	0.000357	6003 2Z-C3-HTE
D71b-2	0.55	2830	1.4	72	0.82	5.0	2.6	2.5	0.000402	

（续）

型号	额定功率/kW	转速/(r/min)	380V时电流/A	效率(%)	功率因数(cosφ)	起动电流倍数	起动转矩倍数	最大转矩倍数	转动惯量/kg·m²	轴承牌号
D80a-2	0.75	2770	1.9	71	0.84	4.2	2.2	2.0	0.000514	6004 2Z-C3-HTE
D80b-2	1.1	2760	2.7	72	0.85	4.8	2.3	2.2	0.000685	
D63a-4	0.12	1360	0.45	58	0.70	2.9	2.1	2.0	0.000275	6202 2Z-C3-HTE
DB63a-4	0.18	1300	0.6	61	0.74	2.2	1.7	1.6	0.000275	
D71a-4	0.25	1360	0.75	68	0.74	3.6	2.1	2.0	0.000565	6003 2Z-C3-HTE
D71b-4	0.37	1370	1.1	70	0.73	4.0	2.4	2.2	0.000741	
D80a-4	0.55	1340	1.6	65	0.80	3.8	1.8	1.8	0.000855	6004 2Z-C3-HTE
D80b-4	0.75	1360	2.1	69	0.78	4.0	1.9	1.9	0.001055	
D90Sa-4	1.1	1370	2.8	73	0.81	3.9	2.0	2.0	0.00192	6205 2Z-C3-HTE

注：电压220V，380V，500V；频率50Hz；绝缘等级F；防护型式IP54。

附表2-20　德国ABM公司变极多速小功率三相异步电动机性能数据

型号	额定功率/kW	转速/(r/min)	380V时电流/A	效率(%)	功率因数(cosϕ)	堵转转矩倍数	堵转电流倍数	转动惯量/kg·m²	电机接法
D63a-4/2	0.09/0.12	1400/2820	0.40/0.42	54/60	0.63/0.76	2.1/1.8	2.5/3.3	0.000275	单绕组 △/YY
D63b-4/2	0.12/0.18	1420/2850	0.50/0.54	58/66	0.62/0.76	2.5/2.2	3.2/4.3	0.000385	
D71a-4/2	0.18/0.25	1390/2780	0.60/0.75	65/62	0.70/0.81	1.8/1.8	3.3/3.8	0.000565	
D71b-4/2	0.25/0.37	1400/2830	0.85/1.10	63/64	0.70/0.79	1.5/2.1	3.9/4.2	0.000741	
D80a-4/2	0.45/0.60	1400/2820	1.20/1.50	71/67	0.80/0.90	1.3/1.2	3.8/3.9	0.000855	
D80b-4/2	0.60/0.80	1400/2810	1.60/1.90	71/72	0.80/0.88	1.4/1.3	4.1/4.7	0.001055	
D90Sa-4/2	0.75/1.10	1420/2830	2.00/2.80	75/69	0.75/0.86	2.3/2.0	5.0/4.7	0.00192	
D90La-4/2	1.10/1.50	1420/2830	2.80/3.70	74/71	0.80/0.86	1.8/1.9	5.0/4.9	0.00222	
D71a4x-6/2	0.06/0.18	860/2660	0.40/0.70	37/52	0.60/0.75	2.0/1.9	1.7/3.0	0.000565	双绕组 Y/Y
D71b4x-6/2	0.09/0.25	860/2740	0.55/0.72	40/65	0.61/0.80	2.0/1.9	1.7/3.0	0.000741	
D71c4x-6/2	0.12/0.37	810/2680	0.75/1.20	38/55	0.64/0.84	2.1/1.9	1.8/3.0	0.000836	
D80b4x-6/2	0.18/0.55	880/2700	0.90/1.60	46/67	0.67/0.87	2.0/1.2	2.3/3.25	0.001055	
D80e4x-6/2	0.25/0.75	900/2800	1.20/2.15	48/65	0.65/0.81	1.8/1.9	2.3/4.0	0.001382	
D90Sb4x-6/2	0.37/1.10	890/2720	1.35/2.70	63/68	0.66/0.91	2.2/2.2	3.0/4.1	0.00222	
D90Lb4x-6/2	0.55/1.50	880/2780	1.90/3.70	62/71	0.70/0.86	2.0/2.5	3.0/4.9	0.00301	
D100Lb4x-6/2	0.75/2.20	910/2730	2.40/5.60	66/64	0.71/0.92	2.1/2.4	3.5/5.0	0.00525	
D1/112Ma4x-6/2	1.10/3.00	910/2800	3.50/7.20	65/67	0.73/0.94	2.2/2.4	3.8/6.0	0.00675	
D71a4x-8/2	0.04/0.18	600/2700	0.30/0.55	40/63	0.51/0.78	2.0/1.8	1.6/3.4	0.000565	
D71b4x-8/2	0.06/0.25	620/2760	0.45/0.75	38/63	0.53/0.80	2.2/2.0	1.6/3.5	0.000741	
D71c4x-8/2	0.09/0.37	600/2680	0.83/1.20	30/56	0.56/0.84	2.2/1.9	1.5/3.1	0.000836	
D80b4x-8/2	0.12/0.55	600/2700	0.70/1.60	39/60	0.68/0.87	1.8/1.2	1.9/3.2	0.001055	
D80e4x-8/2	0.18/0.75	620/2800	1.00/2.15	42/65	0.65/0.81	1.7/1.9	1.9/4.1	0.001382	

（续）

型号	额定功率/kW	转速/(r/min)	380V时电流/A	效率(%)	功率因数(cosϕ)	堵转转矩倍数	堵转电流倍数	转动惯量/kg·m²	电机接法
D90Sb4x-8/2	0.25/1.10	630/2720	1.30/2.70	47/68	0.62/0.91	2.0/2.2	2.2/4.1	0.00222	双绕组 Y/Y
D90Lb4x-8/2	0.37/1.50	650/2700	1.80/3.70	52/71	0.60/0.86	2.0/2.5	2.1/4.9	0.00301	
D100Lb4x-8/2	0.55/2.20	650/2700	2.30/5.10	58/72	0.62/0.90	2.0/2.3	2.5/5.3	0.00525	
D1/112Ma4x-8/2	0.75/3.00	660/2800	3.00/6.60	57/79	0.66/0.87	1.9/2.8	2.7/5.6	0.00675	
D1/132Sa4x-8/2	1.10/4.00	700/2880	4.00/9.00	61/75	0.68/0.89	2.0/2.2	3.0/6.0	0.0110	
D80cx-6/4	0.30/0.37	850/1360	1.15/1.20	56/58	0.70/0.80	1.5/1.7	3.0/4.0	0.00247	
D90Sb4-6/4	0.55/0.75	935/1440	2.10/2.30	55/61	0.71/0.80	1.5/1.8	3.0/4.0	0.00222	
D90Lb4-6/4	0.75/1.10	935/1440	2.50/3.20	64/65	0.71/0.80	1.5/1.8	3.0/4.0	0.00287	
D100La4-6/4	0.90/1.30	930/1425	2.80/3.40	67/72	0.72/0.80	1.6/1.8	3.2/4.5	0.00412	
D100Lb4-6/4	1.10/1.70	940/1440	3.30/4.40	69/74	0.73/0.79	1.5/1.7	3.5/4.8	0.00525	
D80a-8/4	0.18/0.25	700/1430	1.20/0.85	37/55	0.60/0.80	1.5/1.4	2.0/2.7	0.00177	单双绕组 △/Y
D80c-8/4	0.25/0.37	690/1410	1.25/1.00	49/68	0.62/0.82	1.9/1.4	2.1/3.6	0.00247	
D90Sb-8/4	0.37/0.55	710/1430	1.90/1.50	51/70	0.58/0.80	1.8/2.0	2.7/4.7	0.00387	
D90Lb-8/4	0.55/0.75	690/1440	2.50/1.90	54/71	0.62/0.84	1.8/2.0	3.0/4.6	0.00501	
D100La-8/4	0.75/1.10	700/1440	2.50/3.10	67/69	0.68/0.78	1.70/2.1	3.4/4.7	0.00788	
DB100La-8/4	0.90/1.50	700/1415	3.00/4.10	67/69	0.68/0.80	1.5/1.6	3.0/4.0	0.00788	
D90Sb-8/6	0.25/0.37	715/960	1.30/1.40	50/57	0.58/0.70	1.6/1.7	3.0/4.0	0.00387	双绕组 Y/Y
D90Lb-8/6	0.37/0.55	720/930	1.90/2.10	51/57	0.58/0.70	1.6/1.7	3.0/4.0	0.00501	
D100La-8/6	0.55/0.75	720/970	2.00/2.30	69/69	0.60/0.72	1.6/1.7	3.5/4.5	0.00788	
DB100La-8/6	0.75/1.00	725/965	2.80/3.10	67/68	0.60/0.72	1.6/1.7	3.5/4.5	0.00788	
D1/112Ma-8/6	1.10/1.50	700/950	3.40/4.00	70/72	0.69/0.78	1.7/1.7	3.6/4.2	0.01057	

注：电压220V、380V、500V；频率50Hz；绝缘等级F；防护型式IP54。

附表2-21　法国Leroy Somer公司小功率三相异步电动机性能数据

型号	额定功率		转速/(r/min)	额定电流380V/A	堵转电流380V/A	效率(%)			功率因数			堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	转动惯量 GD^2/kg·m²	轴承牌号传动侧/非传动侧
	/kW	/HP				1/2	3/4	4/4	1/2	3/4	4/4				
LS56L	0.09	0.12	2710	0.29	4	52	60	58	0.62	0.75	0.82	2.5	2.4	0.00061	6201/6002
LS56L	0.12	0.17	2740	0.45	3.50	45	52	56	0.59	0.70	0.79	2	2.2	0.00061	
LS63E	0.18	0.25	2810	0.5	5.2	58	65	67	0.61	0.77	0.82	3	2.6	0.00075	6201/6002
LS63E	0.25	0.33	2810	0.65	6.5	60	68	71	0.60	0.68	0.80	3	3.7	0.0010	
LS63L	0.37	0.5	2800	1	5.5	66	70	70	0.62	0.74	0.80	3	2.24	0.0021	6202/6202
LS63L	0.55	0.75	2820	1.24	5.9	72	75	75	0.65	0.80	0.90	2.6	2.36	0.0028	
LS71L	0.37	0.5	2790	0.98	4.8	72	71	70	0.60	0.75	0.82	2.3	2.6	0.0014	6202/6201
LS71L	0.55	0.75	2770	1.4	4.5	70	72	72	0.68	0.81	0.84	2.3	2.7	0.0018	
LS80L	0.75	1	2820	1.9	5.9	67.5	71	72	0.64	0.76	0.84	2.8	2.5	0.0029	6204/6203
LS80L	1.1	1.5	2810	2.6	6.6	74	76	76	0.71	0.81	0.86	3	2.9	0.0038	

（续）

型号	额定功率 /kW	/HP	转速 /(r/min)	额定电流 380V /A	堵转电流 380V/A	效率(%) 1/2	3/4	4/4	功率因数 1/2	3/4	4/4	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	转动惯量 GD^2 /kg·m²	轴承牌号 传动侧/非传动侧
LS56	0.09	0.12	1375	0.38	2.89	41	48	54	0.48	0.58	0.67	1.8	1.85	0.0008	6201/6002
LS63E	0.12	0.17	1350	0.43	2.79	52	56	55	0.52	0.67	0.80	2	2	0.0014	6201/6002
LS63E	0.18	0.25	1390	0.6	3.5	56	60	63	0.57	0.68	0.78	2.10	2.10	0.0019	
LS63L	0.25	0.33	1400	0.85	3.76	56	62	61	0.53	0.64	0.73	2.24	2.06	0.0021	6202/6202
LS63L	0.37	0.5	1390	1.2	4.17	59	64	64	0.51	0.61	0.73	2.5	2.44	0.0029	
LS71L	0.25	0.33	1415	0.82	3.9	50	57	61	0.51	0.64	0.75	1.8	2.4	0.0027	6202/6201
LS71L	0.37	0.50	1400	1.1	4.36	58	65	67	0.51	0.66	0.76	1.85	2.5	0.0034	
LS80L	0.55	0.75	1400	1.65	4.61	60	66	68	0.50	0.64	0.75	2.1	2.2	0.0055	6204/6203
LS80L	0.75	1	1400	2.1	4.76	66	71	72	0.57	0.7	0.75	2.4	2.4	0.0072	
LS80L	0.9	1.25	1415	2.6	5.38	67	73	73	0.48	0.61	0.76	2.9	2.7	0.0094	6205/6024
LS90S	1.1	1.5	1420	2.7	5.76	74	76	77	0.60	0.74	0.82	2.2	2.4	0.0127	

注：电压：380V；频率：50，60 或 110Hz；绝缘等级：B；防护型式：IP44，IP55，IP235；电动机符合 IEC34-1，BS4999，Pt99（英国），NFC5111（法国），VDE0530（德国）等标准。

附表 2-22　法国 Leroy Somer 公司变极多速小功率三相异步电动机性能数据（一）

型号	额定功率/kW 高速	低速	额定转矩(380V) 高速	低速	堵转电流/额定电流 高速	低速	堵转转矩/额定转矩 高速	低速	功率因数(cosφ) 高速	低速	效率(%) 高速	低速	额定转速 高速	低速	转动惯量 /kg·m²	备注
LS80L	0.55	0.37	1.5	1.1	4.5	4.3	2.13	2	0.87	0.77	64	67	2780	1425	0.0055	3000/1500r/min（单绕组单电压）
LS80L	0.75	0.55	2	1.6	5	3.75	1.8	1.6	0.86	0.75	65	69	2745	1400	0.0072	
LS80L	1.1	0.75	2.6	2	4.61	4.8	1.94	2.3	0.88	0.80	74	70	2830	1420	0.0094	
LS80L	0.3	0.22	1.1	1	3.8	2.6	1.75	1.38	0.72	0.71	60	46	1445	925	0.0072	1500/1000r/min（双绕组单电压或双电压）
LS80L	0.85	0.3	2.3	2.05	3.9	3.18	1.33	1.76	0.78	0.67	64	58	1430	945	0.0094	
LS90S	0.55	0.37	1.6	1.2	5	3.5	1.47	1.47	0.77	0.76	69	63	1460	940	0.0127	
LS90L	0.75	0.5	2.2	1.6	4.72	3.62	1.8	1.57	1.74	0.74	71	66	1460	940	0.0157	
LS90L	0.90	0.66	2.75	2.05	5.1	3.9	1.84	1.59	1.74	0.75	70	65	1460	940	0.0196	
LS100L	1.1	0.75	2.8	2.35	6.4	4.5	1.73	1.93	0.79	0.68	76	70	1465	965	0.0238	
LS80L	0.24	0.12	0.74	0.83	3.8	2.2	1.64	1.94	0.81	0.59	61	37	1410	700	0.0055	1500/750r/min（单绕组单电压）
LS80L	0.33	0.16	0.9	1	4.2	2.4	1.78	1.93	0.84	0.55	67	45	1440	705	0.0072	
LS80L	0.45	0.22	1.1	1.15	4.18	2.6	1.84	1.9	0.80	0.58	71	50	1415	700	0.0094	
LS90S	0.60	0.37	1.4	1.8	5.35	2.77	1.75	1.7	0.85	0.59	76	55	1410	710	0.0127	
LS90L	0.75	0.44	1.73	2.2	5.7	3.6	1.7	2.3	0.86	0.60	75	54	1420	700	0.0157	
LS90L	0.9	0.55	2.1	2.4	5.71	3.54	1.84	2	0.85	0.58	78	59	1420	705	0.0196	

注：上述各规格为一般用途的双速电动机；防护型式：IP44，IP55；电压：380V；绝缘等级：B。

附表 2-23　法国 Leroy Somer 公司变极多速小功率三相异步电动机性能数据（二）

型号	额定功率/kW 高速	低速	额定转矩(380V) 高速	低速	堵转电流/额定电流 高速	低速	堵转转矩/额定转矩 高速	低速	功率因数(cosφ) 高速	低速	效率(%) 高速	低速	额定转速 高速	低速	转动惯量 /kg·m²	备注
LS63L	0.37	0.075														3000/500r/min（单绕组单电压）
LS80L	0.55	0.11	1.5	0.4	4.1	3.4	2	2.3	0.85	0.77	68	58	2780	1420	0.0055	
LS80L	0.75	0.15	1.9	0.5	4.2	3.8	1.68	1.9	0.89	0.77	66	58	2780	1430	0.0072	
LS80L	1.1	0.22	2.7	0.62	5.2	4.8	2	2.2	0.87	0.77	72	70	2810	1430	0.0094	
LS80L	0.37	0.12	1.25	0.65	4.16	2.18	1.8	1.09	0.7	0.69	65	44	1445	945	0.0072	1500/1000r/min（双绕组单电压或双电压）
LS80L	0.55	0.18	1.6	0.83	5.38	2.53	2.35	1.21	0.73	0.69	74	49	1445	940	0.0094	
LS90S	0.75	0.24	1.95	0.95	4.6	3.5	1.5	1.6	0.92	0.66	70	58	1430	960	0.0127	
LS90L	0.92	0.3	2.5	1.2	5.2	3.4	1.76	1.66	0.76	0.64	73	61	1445	965	0.0157	
LS90L	1.1	0.37	2.9	1.3	5.9	4	1.84	1.65	0.77	0.67	77	65	1450	965	0.0196	
LS80L	0.37	0.075	1.25	0.5	4	2.2	1.68	1.4	0.73	0.52	62	36	1430	705	0.0055	1500/750r/min（单绕组单电压）
LS80L	0.5	0.11	1.8	0.75	4.4	2.2	2.13	2	0.71	0.53	65	42	1435	710	0.0072	
LS80L	0.75	0.15	2.2	0.85	5	2.47	2.3	1.6	0.76	0.55	70	49	1440	710	0.0094	
LS90S	1.1	0.25	2.8	1.15	5.2	2.8	1.8	1.66	0.81	0.58	73	56	1420	705	0.0127	

注：上述各规格的双速电动机应用于通风机型负载；防护型式：IP44，IP55；电压：380V；绝缘等级：B。

附表 2-24　英国 GEC 公司 Alpak 系列小功率三相异步电动机性能数据

型号	额定功率 /kW	在额定条件下的性能									转子制动电流比×额定功率	转矩比				最大转子制动时间 /s	最大起动时间 /s	瞬时惯量		噪声级	
		转速 /(r/min)	电流		效率(%)			功率因数				额定转矩 /Nm	制动转子	异步	同步			最大负载 /kg·m²	转子 /kg·m²	距离 1m 平均声压级 /dB(A)	声功率级 /dB(A)
			415V /A	380V /A	1/1	3/4	1/2	1/1	3/4	1/2			额定功率								
					额定功率			额定功率													
D63	0.25	2800	0.63	0.68	67.0	66.0	60.0	0.83	0.76	0.63	4.5	0.85	2.0	2.1	1.4	15	18	0.07	0.000363	58	64
D71	0.37	2800	0.88	0.96	69.0	68.0	63.0	0.85	0.77	0.65	4.9	1.25	2.0	2.1	1.4	8	10	0.05	0.000533	58	65
D71	0.55	2800	1.27	1.38	71.0	71.0	68.0	0.85	0.77	0.65	4.9	1.88	2.0	2.4	1.5	8	10	0.08	0.000533	58	65
D80	0.75	2800	1.70	1.86	72.0	72.0	70.0	0.85	0.79	0.68	5.0	2.56	2.4	2.4	1.7	14	17	0.20	0.000980	62	70
D80	1.1	2800	2.35	2.60	76.0	76.0	74.0	0.85	0.79	0.68	6.2	3.75	2.4	2.6	1.7	14	17	0.30	0.00114	62	70
D63	0.18	1400	0.57	0.62	64.0	60.0	52.0	0.69	0.57	0.44	4.0	1.23	2.1	2.8	1.5	20	24	0.27	0.000365	50	58
D71	0.25	1400	0.76	0.83	66.0	63.0	56.0	0.69	0.57	0.44	4.5	1.71	2.1	2.8	1.5	14	17	0.27	0.000543	50	58
D71	0.37	1400	1.05	1.15	69.0	67.0	59.0	0.71	0.60	0.48	4.5	2.52	2.1	2.8	1.5	14	17	0.40	0.000543	50	58
D80	0.55	1400	1.44	1.57	70.0	70.0	65.0	0.76	0.65	0.50	4.5	3.75	2.0	2.5	1.4	12	14	0.50	0.00131	52	60
D80	0.75	1400	1.90	2.10	72.0	72.0	65.0	0.76	0.65	0.50	5.0	5.10	2.1	2.6	1.5	12	14	0.70	0.00156	52	60
D90S	1.1	1410	2.50	2.75	75.0	75.0	72.0	0.81	0.73	0.60	5.5	7.45	2.1	2.5	1.5	8	10	0.65	0.00343	54	62
D80	0.37	910	1.15	1.25	66.0	64.0	58.1	0.68	0.53	0.44	4.0	3.89	1.9	2.1	1.4	25	31	1.6	0.00161	50	58
D80	0.55	920	1.66	1.80	67.0	65.0	60.0	0.69	0.59	0.46	4.0	5.72	1.9	2.1	1.4	25	31	2.4	0.00161	50	58
D90S	0.75	930	1.90	2.05	73.0	71.0	56.0	0.75	0.65	0.48	4.5	7.7	2.0	2.2	1.4	25	31	3.3	0.00340	55	63
D90L	1.1	930	2.90	3.15	73.0	71.0	66.0	0.72	0.62	0.45	4.5	11.3	2.0	2.2	1.4	25	31	4.8	0.00388	55	63
D90S	0.37	700	1.16	1.27	67.0	65.0	58.0	0.66	0.56	0.45	4.0	5.85	2.0	2.2	1.4	30	36	3.6	0.00343	47	55
D90L	0.55	700	1.73	1.89	67.0	65.0	57.0	0.66	0.56	0.45	4.0	7.5	2.0	2.2	1.4	30	36	5.0	0.00338	47	55
D100L	0.75	700	2.10	2.30	71.0	70.0	65.0	0.70	0.61	0.50	4.5	10.2	2.0	2.2	1.4	20	24	4.5	0.0116	60	69
D100L	1.1	700	3.05	3.30	71.0	70.0	65.0	0.71	0.61	0.50	4.5	15.0	2.0	2.2	1.4	20	24	7.2	0.0116	60	69

注：电压：380V；频率：50Hz；绝缘等级：F；接线方法：直接连接起动；防护型式：IP54，IP56；电动机符合：IEC34 和 BS4999Pt10 及 BS5000Pt10（英国）等标准。

附表 2-25　英国 GEC 公司 Cipak 和 Lowpak 系列小功率三相异步电动机性能数据

型号	额定功率 /kW	在额定条件下的性能									转子制动电流比×额定电流	转矩比				最大转子制动时间 /s	最大起动时间 /s	转动惯量		噪声级		轴承牌号
		转速 /(r/min)	电流		效率(%)			功率因数				额定转矩 /(Nm)	转子制动	异步	同步			最大负载 /kg·m²	转子 /kg·m²	距离 1m 平均声压级 /dB(A)	声功率级 /dB(A)	
			415V /A	380V /A	1/1	3/4	1/2	1/1	3/4	1/2			额定转矩									
					额定功率			额定功率														
D80	0.75	2800	1.70	1.86	72.0	72.0	70.0	0.85	0.79	0.68	5.0	2.56	2.4	2.4	1.7	14	17	0.20	0.00098	62	70	6204Z
D80	1.1	2800	2.35	2.60	76.0	76.0	74.0	0.85	0.79	0.68	5.2	3.75	2.4	2.6	1.7	14	17	0.30	0.00114	62	70	6204Z
D80	0.55	1400	1.44	1.57	70.0	70.0	65.0	0.76	0.65	0.50	4.5	3.75	2.0	2.5	1.4	12	14	0.50	0.00131	52	60	6204Z
D80	0.75	1400	1.90	2.10	72.0	72.0	65.0	0.76	0.65	0.50	5.0	5.10	2.1	2.6	1.5	12	14	0.70	0.00156	52	60	6204Z
D90S	1.1	1410	2.50	2.75	75.0	75.0	72.0	0.81	0.73	0.60	5.5	7.45	2.1	2.5	1.5	8	10	0.65	0.00343	54	62	6205Z
D80	0.37	910	1.15	1.25	66.0	64.0	58.0	0.68	0.53	0.44	4.0	3.89	1.9	2.1	1.4	25	31	1.6	0.00161	60	58	6204Z
D80	0.55	920	1.65	1.80	67.0	65.0	60.0	0.69	0.59	0.46	4.0	5.72	1.9	2.1	1.4	25	31	2.4	0.00161	50	58	6204Z
D90S	0.75	930	1.90	2.05	73.0	71.0	56.0	0.75	0.65	0.48	4.5	7.7	2.0	2.2	1.4	25	31	2.3	0.00340	55	63	6205Z
D90L	1.1	930	2.90	3.15	73.0	71.0	66.0	0.72	0.62	0.45	4.5	11.3	2.0	2.2	1.4	25	31	4.8	0.00388	55	63	6205Z
D90S	0.37	700	1.16	1.27	67.0	65.0	58.0	0.66	0.58	0.45	4.0	5.85	2.0	2.2	1.4	30	36	3.0	0.00340	47	55	6205Z
D90L	0.55	700	1.73	1.89	67.0	65.0	57.0	0.66	0.58	0.45	4.0	7.5	2.0	2.2	1.4	30	36	5.0	0.00388	47	55	6205Z
D100L	0.75	700	2.10	2.30	71.0	70.0	65.0	0.70	0.61	0.50	4.5	10.2	2.0	2.2	1.4	20	24	4.5	0.0116	60	69	6206Z
D100L	1.1	700	3.05	3.30	71.0	70.0	65.0	0.71	0.61	0.50	4.5	15.0	2.0	2.2	1.4	20	24	7.2	0.0116	60	69	6206Z

注：电压：380V；频率：50Hz；绝缘等级：F；型号：D80，出线盒有 4 端子座，复式电压连接采用 6 根引出线；防护型式：IPW44；电动机符合 IEC34 和 BS5000Pt10（英国）标准。

附表 2-26　英国 NEWMAN 公司 TEFV1-40 系列小功率三相异步电动机性能数据

型号	额定功率/kW	转速/(r/min)	415V 电流/A	效率(%)			功率因数			转子堵转转矩(%)	转子堵转电流(%)	轴承牌号
D90S	0.37	700	1.8	55	51	42	0.53	0.46	0.38	170	260	6205Z
D90L	0.55	700	2.2	60	56	60	0.58	0.51	0.40	160	290	
D90S	0.75	935	2.4	70	68	62	0.64	0.54	0.43	180	350	
D100L	0.75	715	3.0	65	63	54	0.54	0.47	0.37	190	390	6206Z
D90S	1.1	1410	2.75	75	74	69	0.75	0.67	0.53	230	530	6205Z
D90L	1.1	900	3.0	74	74	70	0.70	0.62	0.49	200	400	
D100L	1.1	700	3.8	68	68	60	0.59	0.50	0.39	170	400	6206Z

注：电压：220V，220/380V，380V，380/660V，415V，240/415V；频率：50Hz；绝缘等级：F；H90～100 定子绕组有 3 个出线端子直接起动；防护型式：IP54；电动机符合 IEC34-9、IEC72 和 BS4999Pt10，BS5000Pt10（英国）标准。

附表 2-27　国内外小功率三相异步电动机系列力能指标比较

功率		AO2		Y(IP44) ZBK22007—88		德国 AEG AD，AM 系列		德国 BBC QU 系列		德国 Siemens ILA5，ILA6		日本 DIETZ DR 系列		法国 LEROY LS 系列		英国 GEC Alpak、Cipak 系列		BROOK D 和 T 系列		美国 CE 公司	
/kW	/HP	η%	$\cos\phi$	η%	$\cos\phi$	η%	$\cos\phi$	η%	$\cos\phi$	η%	$\cos\phi$	η%	$\cos\phi$	η%	$\cos\phi$	η%	$\cos\phi$	η%	$\cos\phi$	η%	$\cos\phi$
0.12	1/6	63.5	0.67			56	0.72			56	0.75			55	0.80			61	0.62		
0.18	1/4	66.5	0.705			59	0.65			60	0.75			63	0.78	64	0.69	64	0.64		
0.25	1/3	69.5	0.73			61	0.73	65	0.74	62	0.78	65	0.70	61	0.75	66	0.69	70	0.64		
0.37	1/2	71.5	0.76			67	0.72	67	0.74	66	0.76	71	0.74	67	0.76	69	0.71	73	0.63		
0.55	3/4			73.0	0.76	69	0.75	74	0.77	71	0.80	71	0.74	68	0.75	70	0.76	77	0.65		
0.75	1			74.5	0.76	72	0.74	75	0.77	74	0.80	74	0.75	72	0.75	72	0.76	77	0.77	72	0.80
1.1	1½			78.0	0.78	74	0.80	78	0.77	75	0.81	77	0.78	78	0.80	75	0.81	77	0.77	77	0.85

附表 2-28　国内外小功率三相异步电动机系列起动性能（I_{st}起动电流，T_{st}起动转矩）比较

功率		AO2		Y		德国 AEG		德国 BBC		日本 DIETZ		法国 LEROY		德国 Siemens		英国 GEC		BROOK		美国 GE 公司		瑞士 ASEA	
/kW	/Hp	I_{st}	T_{st}	I_{st}	T_{st}	I_{st}	T_{st}	I_{st}	T_{st}	I_{st}	T_{st}	I_{st}	T_{st}	I_{st}	T_{st}	I_{st}	T_{st}	I_{st}	T_{st}	I_{st}	T_{st}	I_{st}	T_{st}
0.12	1/6					2.7	1.9					2.79	2.0	3.0	1.9			2.75	1.9				
0.18	1/4					2.7	2.2					3.5	2.1	3.2	2.0	4.0	2.1	3.1	2.2			2.5	2
0.25	1/3					3.15	1.7	3.8	2.0	3.2	2.0	3.9	1.8	3.2	1.7	4.5	2.1	3.4	2.0			3	2
0.37	1/2	6	2.2			3.7	2	3.8	2.0	3.6	2.1	4.36	1.85	3.7	2.0	4.5	2.1	3.7	2.2			3.5	2
0.55	3/4			6.5	2.2	3.5	1.5	4.9	2.0	4.1	2.3	4.61	2.1	4.7	2.3	4.5	2.0	4.5	2.2			4	2
0.75	1			6.5	2.2	4.5	1.8	4.8	2.1	4.4	2.4	4.76	2.4	2.5	2.5	5.0	2.1	4.5	2.2	8.3	2.75	4.5	2
1.1	1½			6.5	2.2	4.6	2.0	5.0	2.2	4.7	2.3	5.67	2.2	5.5	2.1	5.5	2.1	5.0	2.3	9.1	2.5	4.5	2

附表 2-29　国内外小功率三相异步电动机容量(kW)、机座比较

机座号	Y 系列 ZBK22007-88	德国 (DIN42673)	日本 (JISC4201 JEM1401 新标)	东欧		美国 (NEMA)
				P 方案	C 方案	
45				0.025 0.04		
50				0.06 0.09		
56				0.12 0.18	0.06 0.09	
63			0.2	0.25 0.37	0.12 0.18	
71			0.4	0.55 0.75	0.25 0.37	
80	0.55 0.75	0.55 0.75	0.75	1.1 1.5	0.55 0.75	
90 S 90 L	1.1 1.5	1.1 1.5	— 1.5	— 2.2	1.1 1.5	0.37　0.55　0.75 1.1　1.5

附表 2-30　国内外小功率三相异步电动机噪声(dB)比较

功率		Y 系列		英国 GEC	BROOK	德国 Siemens	美国 GE	德国 BBC	德国 AEG
/kW	/HP	1 级	2 级						
0.12	1/6				43	51			40
0.18	1/4			50	43	51			40
0.25	1/3			50	43	54		45	42
0.37	1/2			50	43	54		45	42
0.55	3/4	56	67	52	49	58		46	45
0.75	1	56	67	52	51	58	56	46	45
1.1	1½	61	67	54	49	63	56	52	50

附表 2-31　国内外小功率三相异步电动机重量(kg)比较

功率		Y 系列	德国 BBC	德国 Siemens	日本 DIETZ	法国 IEROY	英国 GEC	BROOK	德国 AEG	瑞士 ASEA
/kW	/HP									
0.12	1/6			3.5		4.8		5	4.1	
0.18	1/4			4.1		5		5	4.4	4.5
0.25	1/3		11	4.6	6.5	6.4		6	4.5	5.5
0.37	1/2		11	6	7.5	7.3		6	5.8	6.5
0.55	3/4	17	17	8	9	9	19	9	8	9
0.75	1	18	18	10.4	10	10.5	19	9	9.4	10
1.1	1½	22	25	12.3	17	14	25	12.5	13.2	13

附表 2-32　各种绕线模的简化计算

绕组型式	双层叠绕	单层同心绕组	单层交叉绕组	单层链式绕组
线模尺寸示意图	双层叠绕 L_1　A_1　B	单层同心式绕组 L_1　R_1　A_1　A_2　R_2	单层交叉式绕组 L_1　R_1　A_1　A_2　R_2	单层链式绕组 L_1　R_1　A
模心直线部分长度 L_1	$L_1=l+2l_8$(mm)	$L_1=l+2l_8$(mm)	$L_1=l+2l_8$(mm)	$L_1=l+2l_8$(mm)
	式中　l——定子铁心长度,mm l_8——线圈直线部分伸出铁心的单边长度,小功率电动机一般取 5 ~ 10mm			
模心宽度 A	$A_1=\dfrac{\pi(D_{i1}+h_s'+R)}{Z_1}y$ (mm) 式中　y——线圈节距,以槽数计 R——槽底半径 h_s'——槽口至槽底半径中心线的距离(见图 2-19) D_{i1}——定心铁心内径	$A_1=\dfrac{\pi(D_{i1}+h_s'+R)}{Z_1}$ $\times(y_1-K_1)$(mm) $A_2=\dfrac{\pi(D_{i1}+h_s'+R)}{Z_1}$ $\times(y_2-K_2)$(mm) 式中　y_1——小线圈节距 y_2——大线圈节距 二极时,K_1 取 1.6,K_2 取 2.1 四极时,K_1 取 0.6,K_2 取 1.1	$A_1=\dfrac{\pi(D_{i1}+h_s'+R)}{Z_1}$ $\times(y_1-K_1)$(mm) $A_2=\dfrac{\pi(D_{i1}+h_s'+R)}{Z_1}$ $\times(y_2-K_2)$(mm) 式中　y_1——小线圈节距 y_2——大线圈节距 二极时,K_1 取 1.85,K_2 取 2.1 四极时,K_1 取 0.85,K_2 取 1.1	$A_1=\dfrac{\pi(D_{i1}+h_s'+R)}{Z_1}$ $\times(y-K_3)$(mm) 式中　K_3——经验系数 四极时,K_3 取 0.85 六、八极时 K_3 取 0.55
线模端部长度 B 或线模端部半径 R	$B=K_0A_1$(mm) 式中　K_0——经验系数 二极时,K_0 取 0.62 四极时,K_0 取 0.6 六、八极时 K_0 取 0.58	$R_1=\dfrac{A_1}{2}$(mm) $R_2=\dfrac{A_2}{2}$(mm)	$R_1=0.53A_1$(mm) $R_2=0.55A_2$(mm)	$R_1=0.625A_1$(mm)
模心厚度 C	$C=1.1md$(mm) 式中　m——每层导线根数 d——导线带绝缘直径,mm 小功率电动机 $C=5\sim8$mm			C　D
线圈厚度 D	$D=\dfrac{Wad^2}{C}$(mm) 式中　W——定子线圈匝数　a——定子线圈并绕根数　C——模心厚度,mm　d——导体带绝缘直径,mm			
线模夹板尺寸	$A_1'=A_1+2D+5$(mm)　$A_2'=A_2+2D+5$(mm)　$R_1'=R_1+D+2.5$(mm)　$R_2'=R_2+D+2.5$(mm) 注:线模夹板形状与模心相同,其尺寸每边比模心放出长度大约为线圈厚度 D 加 5mm			

参考文献

［1］ 潘品英．电动机绕组修理［M］．上海：上海科学技术出版社，1984.

［2］ 机械电子工业部．机械产品目录：21［M］．北京：机械工业出版社，1986.

［3］ 机械工程手册电机工程手册编辑委员会．电机工程手册［M］．4．北京：机械工业出版社，1982.

［4］ 季杏法．小型三相异步电动机技术手册［M］．北京：机械工业出版社，1987.

［5］ 大庆油田水电指挥部电修厂．油田电机修理手册［M］．北京：石油化学工业出版社，1987.

［6］ 野唱介．电动机实用技术［M］．北京：机械工业出版社，1987.

［7］ 汪国梁．电机修理［M］．西安：陕西科学技术出版社，1985.

第三章　单相交流异步电动机试验

单相交流异步电动机功率一般较小，最大为10kW左右，一般在几十至几百W之内。主要用于家用电器和小型电动工具。

主要结构型式分三大类，第一类是采用“裂相”起动原理的电阻裂相型、电容裂相型（可分电容裂相起动类、单值电容裂相起动并运行类和双值电容起动、运行类三种）；第二类是采用遮板（或称罩板）起动原理的一种；第三类是串励式。前两类的转子一般采用铸铝鼠笼式，和三相异步电动机相同；第三类的转子是绕线的，并且有一个和直流电机相同的“换向器”，转子整体结构和直流电机的电枢（转子）基本相同，定子绕组通过电刷，转子上的换向器和转子绕组串联。

单相电机的试验项目及方法大部分与三相异步电动机完全相同或基本相同。

本节将针对单相异步电动机的特点，介绍其特有的试验内容。

一、裂相起动单相异步电动机试验

（一）测量线路及测量结果修正

常用的测量线路如图3-1、图3-2所示。图3-1所示的线路，仅适用于电容运转电动机的分析法，若采用直接法测量，应按图3-2接线。

试验时，除堵转试验外，先将开关S接至电动机端，将电压调至所需数值，读数后打开S，并接至电网端，保持此电网端电压不变，读取其他仪表的读数。开关S应采用双投开关，以确保迅速换接电压表。读取其他仪表指示值时，电压表不允许接至电动机端，否则会造成测量误差。

对于单相电动机在180W及以下时，需对输入功率进行修正。电动机的实际输入功率

$$P_1 = P - I^2R$$

式中　I——电流表的读数，A；

P——瓦特表测得的输入功率，W；

R——测量电路中，所有的电流表及瓦特表电流线圈的总电阻，Ω。

对25W及以下的单相电动机，应选用电流线圈损耗小的仪表进行测量，如T2-A型电磁式电流表、D26-W型电动式瓦特表及低功率因数瓦特表等。

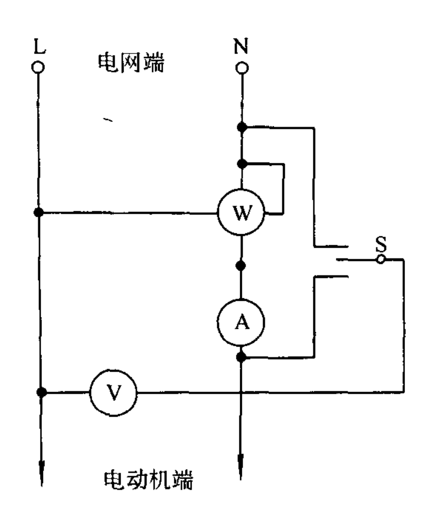


图3-1　单相异步电动机U. I. P测量线路

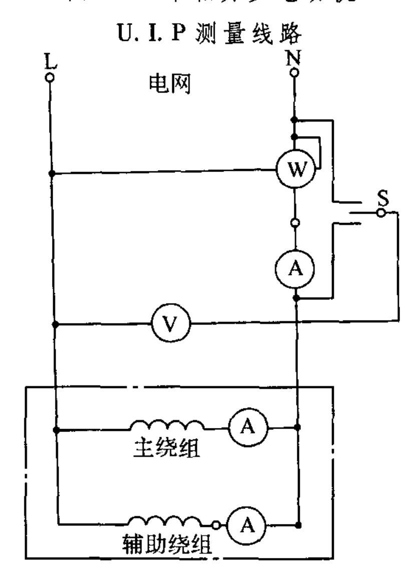


图3-2　电容运行单相异步电动机试验线路简图

试验时，若采用图3-3所示的线路，则测得的功率和电流均需修正，如：

$$P_1 = P - \frac{E^2}{R_m}$$

$$I = \sqrt{I_A^2 - \frac{2P}{R_m} + \left(\frac{E}{R_m}\right)^2}$$

若 $I_A \geqslant 7\frac{E}{R_m}$ 时，$I = I_A - \frac{P}{I_A R_m}$

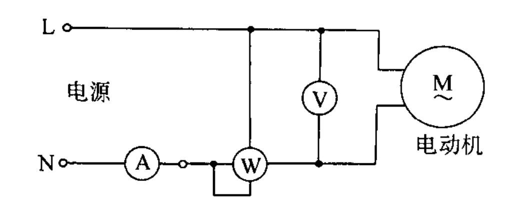


图 3-3　功率表电压前接法电压表后接法单相测量线路

式中　I_A——电流表测得的电流值，A；

I——电动机实际输入电流，A；

P——功率表测得的功率，W；

P_1——电动机的实际输入功率，W；

E——电压表测得的电压，V；

R_m——电压表和瓦特表电压线圈并联电阻，Ω。

（二）空载试验的特点

对单相电容运转电动机，空载试验时应将辅助绕组开路。

1. 转子等电阻的测定

在空载试验分析计算中，要确定转子等值电阻。为此，在空载试验结束后，将被试电动机堵转，对主绕组施加低电压，使绕组中流过的电流接近额定值。测取电压 U_K、电流 I_K 和输入功率 P_K。转子等效电阻

$$r_2' = \frac{P_K}{I_K^2} - r_1 \quad (\Omega)$$

式中　r_1——空载试验测得的主绕组电阻，Ω。

2. 电容运转电动机，主、辅绕组有效匝比的测定

试验时，电机空载，辅助绕组开路，对主绕组施加额定电压 U_N，测量辅助绕组的感应电动机 E_a。然后，主绕组开路，对辅助绕组施加电压 U_a（$U_a \geqslant 118\% E_a$），电机空载，测量主绕组的感应电动势 E_m。主、辅绕组的有效匝比

$$K = \sqrt{\frac{U_a E_a}{U_N E_m}}$$

3. 空载试验结果运算

空载功率因数

$$\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{I_0 U_0}$$

式中　P_0——空载时，电机的输入功率，W；

U_0——空载时，主绕组线端电压，V；

I_0——主绕组电流，A。

定、转子绕组铜损耗

$$P_{Cu0} = I_0^2 \ (r_1 + 0.5 r_2')$$

空载时的铁耗与机械耗

$$P_{Fe} + P_{fw} = P_0 - P_{Cu0}$$

（三）堵转试验的特点

堵转电流和堵转转矩由堵转试验确定。由于定、转子相对位置对测量结果影响较大，故试验时，应在5个沿圆周等分的不同位置上进行测定。在每个位置上做试验时，应尽量保持电动机温度大致相同。每一读数的试验持续时间应不大于5s。无论检查试验或型式试验，都不需测取堵转特性曲线，仅需在接近额定电压时（与额定电压偏差不大于 ±10%），一次读取所需的各数值。堵转电流按与电压成正比换算至额定电压；堵转转矩和堵转输入功率，按与电压平方成正比换算至额定电压。

（四）效率测定的特点

效率及工作特性的测定，以直接法为主。试验时，电动机绕组的实际温度 θ 可能与基准工作温度 θ_{ref} 不同，如需求 θ_{ref} 对应的效率 η，应按下列方法修正输入功率 P_1。

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

$$P_1' = P_1 + \frac{\theta_{ref} - \theta}{235 + \theta} \left[P_1 - P_2 - (P_0 - P_{Cu0}) \right]$$

若需求环境温度为 25°C 时电机的效率 $\eta_{(25)}$ 时，可按下列方法计算：

$$\eta_{(25)} = \frac{P_2}{P_{1(25)}} \times 100\%$$

$$P_{1(25)} = P_1 + \frac{\Delta\theta_1 + 25 - \theta_{ref}}{235 + \theta} \times \left[P_1 - P_2 - (P_0 - P_{Cu0}) \right]$$

式中　P_2——测定效率时电机的输出功率，W；

$\Delta\theta_1$——额定输出功率时定子绕组的温升，K；

θ——测定效率时电机定子绕组的温度，°C。

在负载试验后立即用电阻法测定，即：

$$\Delta\theta = \frac{R_f - R_0}{R_0} (K_\alpha + \theta_0) + \theta_0$$

式中　R_f——负载试验后立即测得的定子绕组电阻，Ω；

R_0、θ_0——实际冷状态时测得的定子绕组电阻及其温度，Ω、°C。

当 θ 与 θ_{ref} 或与（$\Delta\theta_1 + 25$）相差不大于 ±10°C 时，可不必进行温度换算。

效率的直接测定建议采用测功机或电磁制动器作负载测量机械效率。其操作步骤和所测转矩的修正与三相异步电动机的测量方法无异。但是效率的间接测定法（损耗分析法）中的各种损耗计算，与三相异步电动机有所不同。其不同点为：

1. 定子绕组铜损耗 P_{Cu1} 的计算

（1）分相起动电动机和电容起动电动机 P_{Cu1} 的计算

$$P_{Cu1}=I_1^2R_{1ref}$$

式中 I_1——定子主绕组的电流，A；

R_{1ref}——换算至基准工作温度的主绕组电阻，Ω。

（2）电容运转电动机及电容起动、运转电动机的 P_{Cu1} 计算

$$P_{Cu1}=I_m^2R_{mref}+I_a^2\ (R_{aref}+R_C)$$

$$R_C=\frac{W_C}{I_C^2}$$

式中 I_m——主绕组电流，A；

I_a——辅助绕组电流，A；

R_{mref}、R_{aref}——主、辅绕组换算至基准工作温度的电阻，Ω；

R_C——电容器等效电阻，Ω；

W_C——电容器损耗，W，在电容器端电压接近额定工作电压时，以低功率因数瓦特表测得；

I_C——在同一工作电压下电容器电流，A。

2. 转子绕组铜损耗 P_{Cu2} 的计算

（1）分相起动及电容起动电动机

$$P_{Cu2}=\frac{310}{K_a+\theta}\left[sP_{em}+I_1^2r'_{2t}\frac{1-s}{2-s}\right]$$

（2）电容运转电动机及电容起动、运转电动机

$$P_{Cu2}=\frac{310}{K_a+\theta}\left\{sP_{em}+\ [I_m^2+\ (KI_a)^2-2KI_aI_m\sin\varphi]\ r'_{2t}\frac{1-s}{2-s}\right\}$$

$$r'_{2t}=\frac{R_f}{r_1}r'_2$$

$$\varphi=\cos^{-1}\frac{I_1^2-\ (I_m^2+I_a^2)}{2I_mI_a}\quad 0<\varphi<180°$$

式中 P_{em}——电磁功率，$P_{em}=P_1-P_{Cu1}-P_{Fe}$；

s——负载试验时测得的转差率；

r'_{2t}——负载试验时电动机转子绕组等效电阻，Ω；

K——电容运转电动机主辅绕组间有效匝比；

φ——电容运转电动机主辅绕组之间的相位差；

I_1——电容运转电动机从线路上测得的总电流，A。

3. 铁耗、机械耗和杂散耗的确定

与三相异步电动机的测取方法一样。

（五）起动过程中的断开转矩及其起动元件断开转速的测定

起动过程中的断开转矩及其起动元件断开转速可用下列方法之一测定：

1）用记录仪表或示波器在录取转矩-转速或转矩-时间曲线上进行测定；

2）用电动测功机测定。

下面简单介绍试验步骤。

用电动测功机测定断开转矩时，被试电机辅助绕组应采用外接开关断开，主绕组外施额定电压。调节测功机的制动转矩，改变被试电机的转速，待其转速等于起动元件的断开转速时，读取测功机的转矩指示值，即为被试电动机的断开转矩。

在测定起动元件的断开转速时，在被试电动机的起动元件上（但不包括起动继电器）串接一指示灯或电压表，接入适当的电源。被试电机用转速可调的电机（原动机）驱动。调节原动机的转速，由零转速逐渐升高。当转速升至某一数值，指示灯熄灭或电压表指针回零，记下此瞬间被试电机的转速，即为起动元件的断开转速。

二、微型单相交流串励电动机试验

1. 测量线路

电动机试验时，应采用如图 3-2 所示的测量线路。

试验时除堵转试验外，先将开关接至电动机端，将电压调至所需数值，读数后在电源稳定情况下打开开关并接至电网端。保持此电压不变，读下其他仪表的数值（当电网电压稳定时，可不必进行保持工作）。

开关应采用没有中间位置的双投开关，以确保迅速换接电压表。

读取其他仪表指示值时，电压表不允许接至电动机端，否则将会造成测量误差。

如果在额定负载下，若电网端电压与电动机端电压相差不小于 1% 额定电压，则负载试验时电压表可固定在电网端进行测量，不必换接开关。

对于 180W 及以下电动机，测量时需对其输入功率进行修正。电机的实际输入功率

$$P_1=P-I^2r$$

式中 P——瓦特表测得的输入功率，W；

I——电流表的读数，A；

r——测量电路中，电流表及瓦特表电流线圈总电阻，Ω。

对 25W 及以下的电动机，应选用电流线圈损耗小的仪表进行测量，如 T2-A 型电磁式电流表，D26-W 型电动式瓦特表及低功率因数瓦特表等，以免造成较大的测量误差。

功率因数

$$\cos\varphi = \frac{P}{UI}$$

式中 P、U 及 I——电动机的输入功率、电压及电流，W、V、A。

2. 堵转试验

电动机的堵转电流和堵转转矩应在一个槽距内 5 个均匀不同转子位置上进行。电机堵转，在电机出线端加以额定电压或与额定值相差不大于 ±10% 的电压值。试验时应读取电压、电流、输入功率及转矩值，读数的持续时间应不大于 5s。

试验结果的换算同一般的单相异步电动机。

3. 温升试验

温升试验时，励磁绕组和电枢绕组的温升用电阻法测定；换向器和轴承的温升用温度计或针式热电偶测量。

4. 效率测定

效率采用直接法测定。

$$\eta_{(25)} = \frac{P_2}{P_{1(25)}} \times 100\%$$

$$P_{1(25)} = P_1 + \frac{(\Delta\theta_{tf} + 25) - \theta_f}{235 + \theta_f} r_f I^2 + \frac{(\Delta\theta_{ta} + 25) - \theta_a}{235 + \theta_a} r_a I^2$$

式中 $\eta_{(25)}$——环境温度为 25°C 时电机效率，%；

$P_{1(25)}$——环境温度为 25°C 时电机输入功率，W；

$\Delta\theta_{tf}$——额定输出功率时励磁绕组温升，K；

$\Delta\theta_{ta}$——额定输出功率时电枢绕组温升，K；

P_1——电机的输入功率，W；

P_2——电机的输出功率，W；

θ_f——电机励磁绕组的温度，°C；

θ_a——电机电枢绕组的温度，°C；

r_f——励磁绕组温度为 t_f 时的电阻值，Ω；

r_a——电枢绕组温度为 t_a 时的电阻值，Ω。

5. 换向检查

在额定电压下，电动机转速为 1.5 倍额定值、负载为额定值时，观测换向器上的火花。此时的火花应不大于 2 级（火花级别的判定标准请参看本章第十节《直流电动机试验》）。

6. 超速试验

被试电机用辅助机械拖动或降低电压空载运行，转速为额定值的 1.5 倍，历时 2min。

7. 耐电压试验

试验电压值为 1000V，时间为 1min。

三、单相离合器电动机的试验

单相离合器电动机技术条件的标准编号为 JB/T3698—1992。额定电压 222V、50Hz，额定功率从 120W 到 500W 共分五个规格，工作制为 S1。其试验特点如下。

（一）离合器加速时间和制动时间的测定试验

1. 试验设备

试验设备及安装如图 3-4 所示。

对上述设备及安装要求如下。

（1）惯性轮　惯性轮安装于离合器轴上。其转动惯量 $J = 0.003\text{kg}\cdot\text{m}^2$，结构尺寸见图 3-5 及表 3-1。

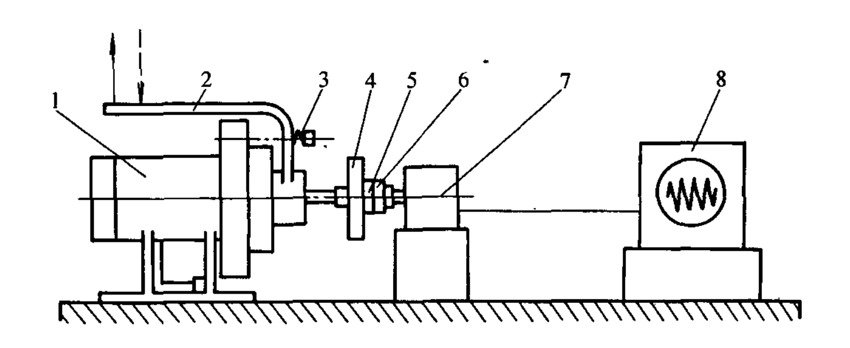


图 3-4　离合器性能试验设备

1—被试电机　2—离合器拉杆　3—拉杆压力弹簧　4—惯性轮　5—弹性垫　6—联轴节　7—测速发电机　8—示波器（或记录仪）

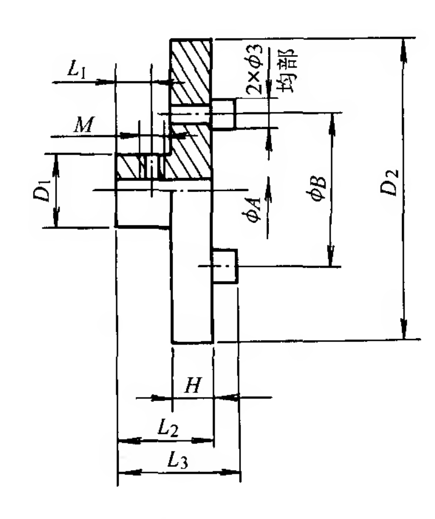


图 3-5 惯性轮和联轴器结构图

(2) 弹性垫 一般用橡胶材料制作。其结构如图 3-6 所示。

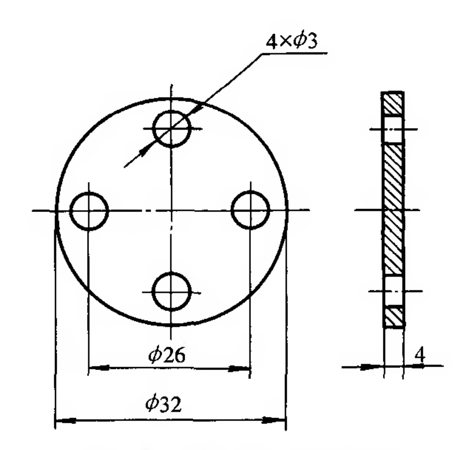


图 3-6 弹性垫结构尺寸图

(3) 联轴器 结构和尺寸参见图 3-5 及表 3-1。

(4) 测速发电机 应选用 36 号机座以下规格。

(5) 示波器或记录仪 可选用光线录波器或 $x-y$ 记录仪。

表 3-1 惯性轮和联轴器尺寸表（材质：铝） （mm）

名称	配合器件	D_1	D_2	ϕA	ϕB	L_1	L_2	L_3	H	M
联轴器	测速发电机轴	φ10	φ32	配测速机轴	26	3	10	14	3	2
	离合器轴	φ28	φ32	$15^{+0.027}_{0}$	26	10	24	28	3	4
惯性轮	离合器轴	φ28	φ100	$15^{+0.027}_{0}$	26	10	30	34	10	4

2. 试验方法

按图 3-4 安装好试验设备后，先调整拉杆的压力弹簧，用测力计在拉杆末端将拉杆提起，使离合器摩擦片与电机轴端的惯性飞轮接触，此时拉力应为 $20^{\ 0}_{-(1\sim5)}$N。调整完毕后，使拉杆复位。

接通被测电机电源使其空载运行。

突然均匀提起拉杆，使离合器摩擦片与电机轴端的惯性飞轮接触后，将拉杆自然放下，使其自由复位，这一动作过程应在 3s 内完成。在操作拉杆的同时，用示波器（或测量仪）记录测速发电机的输出电压波形变化情况。根据示波器（或记录仪）的时间轴标尺计算时间。波形示例如图 3-7 所示。

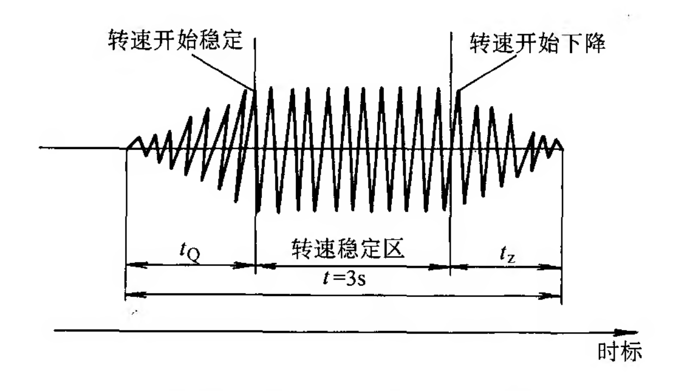


图 3-7 离合器加速和制动时间试验波形示例

第一次试验完毕之后，每隔 2s 左右进行一次，如此共进行 5 次，取 5 次的算术平均值作为加速度时间和制动时间。

（二）空载起动时间的测定

试验时，离合器处于合上状态。给电机加额定电压和额定频率的电源，使之空载起动，记录从加电压达到额定转速所用的时间，即空载起动时间。

（三）电容两端电压的测定

在电机加额定频率的额定电压起动和运行时，分别测量电容器两端的电压值。

（四）温升试验

试验时，电机应安装在绝热底板上。如安装在铁板上，则必须用橡胶防震块安装于摇篮式底盘上，使电机与铁板隔热。

（五）振动和噪声的测定

测试时，电机加额定频率的额定电压，在离合器合上的情况下空载运行。电机可用符合要求（拉长量可参考通用试验振动测试有关内容）的弹性悬挂安装方式。

四、洗衣机用电动机的试验

此处所讲的洗衣机是指普通的双桶洗衣机，它配有两台单相电容起动并运行的异步电动机，一台用于洗衣，一台用于甩干。常见型号为“XD”。

下面主要讲述 XD 型甩水用电动机的试验特点。

1. 泄漏电流测定试验

本试验应在温升试验后紧接着进行。试验线路如图 3-8 或图 3-9 所示。

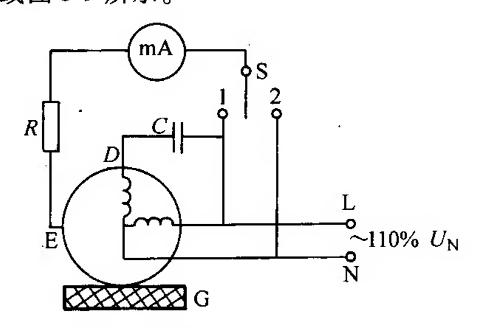


图 3-8　泄漏电流试验电流法线路

S—单刀双掷开关　mA—交流毫安表　R—定值电阻，(1750 ±250) Ω　E—电动机端盖螺钉　G—绝缘垫　C—电容器　U_N—电机额定电压

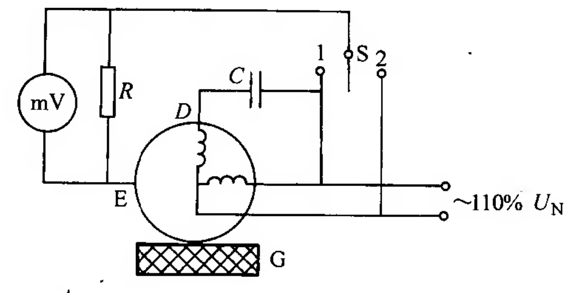


图 3-9　泄漏电流试验电压法接线图

S—单刀双掷开关　mV—交流毫伏表　R—定值电阻（1750 ±250）Ω　E—电动机端盖螺钉　G—绝缘垫　C—电容器　U_N—电机额定电压

测量时，电动机出线端加 1.1 倍额定电压（U_N =220V 时为 242V）。开关 S 接 1 时测出 I_1 或 U_1；再接到 2 测出 I_2 或 U_2。

对于图 3-8 的线路，泄漏电流即为 I_1 和 I_2 中的较大值；对于图 3-9 的线路，则泄漏电流为 U_1/R 和 U_2/R 中的较大值。

泄漏电流不应大于 0.5mA。否则应检查电机的绝缘情况，并修理好。

2. 引出线强度检查

对三根引出线分别检查。方法是：以其中一根引出线的端头为固定端，轻轻悬吊电机，静止状态持续 10s，不应有断裂和绝缘外皮损坏现象。

3. 电容器端电压的测定

电动机按正常工作状态接线，加额定频率的额定电压，并施加 30% 额定功率的负载。

测量电容器两端的电压值。该值不应超过该电容器的额定电压。

4. 温升试验

电动机直接加负载到额定值，连续运行 15min 后，断开电源并尽快停转，在断电后 15s 内测出第一点绕组直流电阻。用公式求出绕组温升。

5. 空载低电压起动试验

电机加额定频率、40% 额定电压（对于 U_N = 220V 者，为 88V），观察电机转动情况（电机空载）。电机应能顺利起动。

6. 耐振动试验

将电机分别以垂直（轴伸向上）和水平位置固定在振动台上，以频率为 300 次/min、双振幅为 20mm 各试验 20min。试验时电机不加电。

此项试验后，空载低压起动及绝缘电阻都仍能符合各自的要求，机械检查也应正常。

7. 15min 堵转试验

将被试电机转子堵住，定子施加额定电压，通电 15min。断电后 15s 内，用 500V 绝缘电阻表测量定子绕组对机壳的绝缘电阻。该电阻应不低于 1MΩ。

试验中应无着火现象，但允许冒烟和出现臭味。

8. 电压波动试验

将被试电机 M 安装在支架上，其轴伸安装一个模拟负载的钢质圆盘 P（其尺寸及重量见表 3-2），见图 3-10。

表 3-2　脱水电动机模拟试验装置中圆盘 P 的尺寸与重量

被试电动机容量/W	25 或 30	40 或 45	60
圆盘直径 ϕA/mm	150	150	150
圆盘重量/kg	4.0	5.0	7.0

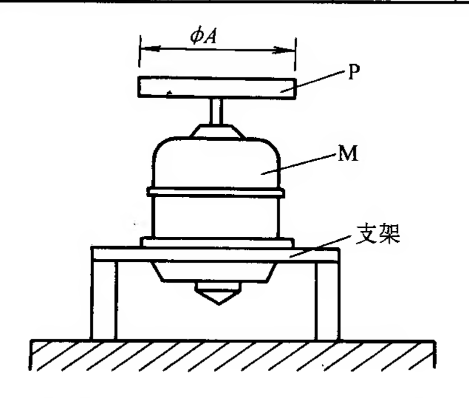


图 3-10　脱水电动机模拟试验装置

试验时，用 1.1 倍和 0.9 倍额定电压使电机起动，电机应能在 1min 内起动并达到稳定转速。

五、电容器质量的判定方法及容量的简易测定

（一）电容器质量的制定方法

1. 万用表法

用万用表 ×1kΩ 挡。将两表笔各接电容器的一个电极，观察表针摆动情况，从而制定该电容器的质量情况。

（1）表针很快摆到 0Ω 处，然后再慢慢向 ∝ 端移动，最后停在某一位置。停的位置越靠近 ∝ 端，电容器的质量越好（漏电电流较小）；停的位置离 ∝ 端很远时，说明电容器漏电电流较大，性能不佳；指针到 0Ω 处后不返回，则说明其内部已短路，完全损坏。

（2）表针在 ∝ Ω 处不动，说明该电容器内部已断路。

（3）表针摆动到离 0Ω 端很远处后就慢慢返回一些并停下来，也说明该电容器质量不佳，不能使用。

上述过程如图 3-11 所示。在测试前应将两电极短路放电。

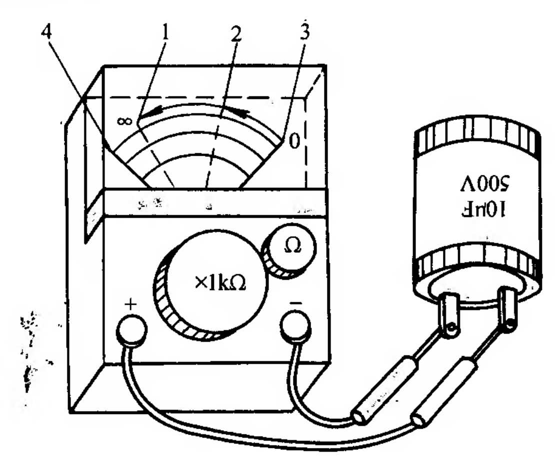


图 3-11 用万用表检查电容器的质量
1—表针返回较多（好的） 2—表针返回较少（差的） 3—表针不返回（短路的） 4—表针不动（断路的）

2. 充、放电法

若在从电器上拆下电容器前用导线将其两电极短路放电时，火花大并有声响，则说明该电容器是好的。否则应拆下来检查。

将一个 3～6V 的直流电加在电容器两端，过几秒钟后拿走电池。用导线短接两电极，放电激烈者较好，放电火花很弱者质量不佳；不放电者已损坏，如图 3-12 所示。

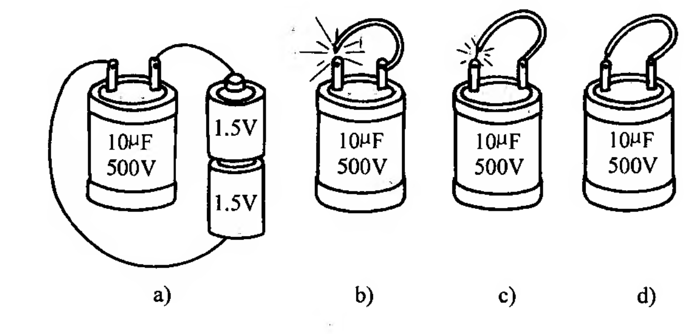


图 3-12 充、放电法检查电容器质量
a)充电 b)放电火花大(好) c)放电火花小(差) d)不放电(坏的)

3. 指示灯法

将电容器和一个指示灯串联后接通电源（用直流电源，其电压应和指示灯额定电压相符或接近）。观察指示灯的反应，判断电容器的好坏。

1）刚接通电源时，指示灯很亮，随后逐渐变暗，最后完全熄灭，则电容器是好的。

2）指示灯一直亮着，说明电容器内部已短路。

3）指示灯不亮，说明电容器内部已开路。

（二）电容器容量的简易测定方法

电容器的容量可用专用的仪器进行精确测定，但在电机修理行业，一般采用简易的“伏安法”进行粗略测定。其测量接线如图 3-13 所示。其中电压表和电流表应尽可能采用精度较高的磁电系或电动系仪表。

接通电源后，应尽快（1～2s 内）记录下仪表的示值。

当电源频率为 50Hz 时，用下式求取被测电容器的电容量。

$$C = 3183\frac{I}{U}$$

式中 C——被测电容器的电容量，μF；
I——电流表读数，A；
U——电压表读数，V。

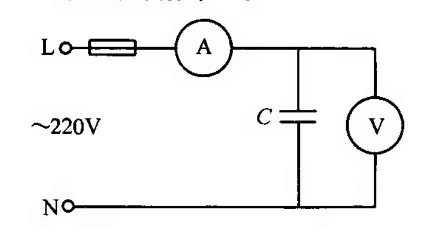


图 3-13 电容器电容量的伏安测试法接线图

ISBN 978-7-111-23512-5

封面设计/电脑制作：姚毅

上架指导：工业技术/电工技术

ISBN 978-7-111-23512-5

9 787111 235125 >

编辑热线：(010)88379768

地 址：北京市百万庄大街22号 邮政编码：100037
联系电话：(010)68326294
(010)68993821
网址：http://www.cmpbook.com（机工门户网）
E-mail:cmp@cmpbook.com
购书热线：(010)88379639 (010)88379641 (010)88379643

定价：37.00元